

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра електропостачання

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Науковий керівник кафедри

_____ С.П. Денисюк

«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

**зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»**

спеціалізації Енергетичний менеджмент та енергоефективність

**на тему: «Контроль подачі повітря для підвищення рівня
енергоефективності в системах примусової вентиляції»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) VI курсу, групи ОН-71мп

Федорчук Інна Іванівна _____

Керівник:

к.т.н., доц. Бориченко О.В. _____

Консультант з нормоконтролю:

ас. Прокопенко І.Д. _____

Рецензент:

К.т.н. доц. кафедри теплотехніки
та енергозбереження

Шкляр В.І. _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2018 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра електропостачання

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація «Енергетичний менеджмент та енергоефективність»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Науковий керівник кафедри

_____ С.П. Денисюк

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Федорчук Інни Іванівни

1. Тема дисертації «Контроль подачі повітря для підвищення рівня енергоефективності в системах примусової вентиляції»
 науковий керівник дисертації к.т.н., доц. Бориченко О.В.
 затверджені наказом по університету від _____
2. Термін подання студентом дисертації _____
3. Об'єкт дослідження процес споживання енергетичних ресурсів системи примусової вентиляції офісної будівлі.
4. Вихідні дані технічний звіт енергетичного обстеження (енергоаудиту) офісної будівлі; дані обліку енергоресурсів; літературні джерела за темою дисертації
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:
 - проведення аналізу існуючих методів та засобів підвищення рівня енергоефективності вентиляційних систем будівлі;
 - аналіз та розрахунок параметрів системи примусової вентиляції будівлі офісного центру;
 - виконати теплотехнічний розрахунок теплових притоків повітря;
 - провести розрахунок та аналіз теплових втрат офісного центру;

– провести порівняльний аналіз використання системи вентиляції з постійною та змінною витратою повітря , а також розрахувати економічні показники обораної системи;

– розробити стартап-проект за результатами дослідження.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу презентація

7. Орієнтовний перелік публікацій одна наукова стаття у науково-метричному фаховому виданні;

8. Консультанти розділів дисертації

Нормоконтроль

ас. Прокопенко І.Д.

9. Дата видачі завдання

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз існуючих методів та заходів підвищення рівня енергоефективності в системах примусової вентиляції		
2	Аналіз та розрахунок параметрів системи примусової вентиляції будівлі офісного центру		
3	Використання контролю подачі повітря системи примусової вентиляції для підвищення рівня енергоефективності офісного центру		
4	Розроблення стартап- проекту		

Студент

І. І. Федорчук

Науковий керівник дисертації

О.В. Бориченко

РЕФЕРАТ

Структура і обсяг роботи. Магістерська дисертація на тему: " Контроль подачі повітря для підвищення рівня енергоефективності в системах примусової вентиляції " складається із вступу, 4 розділів, висновків, переліку використаних джерел та 3 додатки. Загальний обсяг роботи складає 85 сторінок основного тексту, в тому числі 23 рисунки, 28 таблиць, 48 бібліографічних найменувань за переліком посилань та 3 додадків.

Актуальність теми. Людство невпинно рухається вперед, з шаленим темпом розвиваючись у всіх напрямках своєї діяльності. Проте стрімкий розвиток, а інколи з не до кінця обдуманими рішеннями та діями призводить до негативних наслідків. Зараз ми почали задумуватись над майбутнім нашої планети в цілому та дійшли висновку, що всі енергетичні ресурси є вичерпними і з ними треба досить розумно розпоряджатись. Сьогодні проблема енергозбереження перетворилась в одну з найважливіших загальнолюдських проблем. Раціональне та економне використання природних ресурсів, скорочення шкідливих викидів в атмосферу та ефективне використання електричної та теплової енергії набувають виключно важливого значення у сучасному суспільстві. Тендеція економії ресурсів помітна у всій галузії промисловості.

При будівництві будь- якої будівлі важливим аспектом є вартість експлуатації. Адже витрати, які несе власник будівлі протягом декількох років експлуатації будівлі, можна порівняти з вартістю будівництва. Тому всі учасники проекту повинні приділити важливу роль способам мінімізації енергоспоживання об'єкта, що, природно, повинно привести до оптимізації експлуатаційних витрат.

Системи опалення, вентиляції й кондиціонування повітря для суспільних і промислових будівель є найбільшими споживачами теплової енергії. Тому вдосконалювання цих систем має першочергове значення для підвищення енергоефективності будівель і зниження витрат енергії на створення в них комфортних параметрів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Виконані в роботі дослідження відповідають напряму «Енергетика та енергоефективність» Закону України № 2519-VI від 09.09.2010 р. «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки», стратегічним пріоритетним напрямом інноваційної діяльності в Україні на 2003-2013 роки «Новітні ресурсозберігаючі технології» Закону України № 433-IV від 16.01.2003 р. «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні».

Метою магістерської дисертації є підвищення рівня енергоефективності системи примусової вентиляції зі змінною витратою повітря.

Для досягнення зазначеної мети дослідження були вирішені наступні завдання:

- проведення аналізу існуючих методів та засобів підвищення рівня енергоефективності вентиляційних систем будівлі;
- аналіз та розрахунок параметрів системи примусової вентиляції будівлі офісного центру;
- виконати теплотехнічний розрахунок теплових притоків повітря;
- провести розрахунок та аналіз теплових втрат офісного центру;
- провести порівняльний аналіз використання системи вентиляції з постійною та змінною витратою повітря, а також розрахувати економічні показники обігріву системи;
- розробити стартап-проект за результатами дослідження.

Об'єктом дослідження є процес споживання енергетичних ресурсів системи примусової вентиляції.

Предметом дослідження є методи та засоби підвищення рівня енергоефективності використання примусової вентиляції зі змінною та постійною подачею повітря.

Методи дослідження.

В роботі використовувались теоретичні методи , які полягають в проведенні аналізу тенденції зміни обсягів споживання електроенергії в залежності від типу вентиляційної системи.

Наукова новизна одержаних результатів вдосконалено метод підвищення рівня енергоефективності в системах примусової вентиляції за рахунок використання контролю подачі повітря в приміщення.

Практичне значення роботи. Отримані результати дослідження і порівняння систем примусової вентиляції з постійною та змінною подачею повітря дозволять суттєво підвищити рівень енергетичної ефективності існуючих систем вентиляції будівель та виробничих приміщень.

Апробація. I Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ. Присвячена 120-річчю КПІ ім. Ігоря Сікорського від 22.11.2018 р

Публікації. Результати магістерської дисертації були оприлюдненні:

- I Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів) Присвячена 120-річчю КПІ ім. Ігоря Сікорського від 22.11.2018 р., Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського".

Для виконання розрахунків у розділі 3 магістерської дисертації використовувалось наступне програмне забезпечення: «Северный ветер», MS Excel, Audytor OZC 5.1.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПРИТОЧНО – ВИТЯЖНА СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ, ЗМІННА ПОДАЧА ПОВІТРЯ, ПОСТІЙНО ПОДАЧА ПОВІТРЯ, ПРИМУСОВА СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ, ІНФІЛЬТРАЦІЯ, ТЕПЛОПРИТОКИ, ТЕПЛОВТРАТИ, ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ, ЧИСТА ПРИВЕДЕНА ВАРТІСТЬ.

ABSTRACT

Structure and scope of work. The master's dissertation on "Air supply control for increasing energy efficiency in forced ventilation systems" consists of an introduction, 4 chapters, conclusions, a list of sources used and 3 annexes. The total volume of work is 85 pages of the main text, including 23 drawings, 28 tables, 48 bibliographic titles in the list of references and 3 add-ons.

Actuality of theme. Mankind tirelessly moves forward, with a crazy pace of development in all directions of its activities. However, the rapid development, and sometimes with unfinished decisions and actions, leads to negative consequences. We are now beginning to reflect on the future of our planet as a whole and have come to the conclusion that all energy resources are exhaustive and need to be reasonably disposed of with them. Today, the problem of energy conservation has become one of the most important human problems. Rational and economical use of natural resources, reduction of harmful emissions into the atmosphere and efficient use of electric and thermal energy become extremely important in modern society. The cost savings target is noticeable in the entire industry.

When building a building, an important aspect is the cost of operation. After all, the costs borne by the owner of the building during several years of operation of the building, can be compared with the cost of construction. Therefore, all project participants should attach importance to ways of minimizing the energy consumption of an object, which, of course, should lead to optimization of operating costs.

Heating, ventilation and air conditioning systems for public and industrial buildings are the largest consumers of thermal energy. Therefore, the improvement of these systems is of primary importance for increasing the energy efficiency of buildings and reducing energy consumption to create comfortable parameters in them.

Relationship of work with scientific programs, plans, themes. The research carried out in the work corresponds to the direction "Energy and Energy Efficiency" of the Law of Ukraine No. 2519-VI of 09.09.2010 "On Priority Areas of Science and

Technology Development", Strategic Priority Areas of Innovation Activities in Ukraine for 2003-2013 "Innovative Resource Saving Technologies" Law of Ukraine No. 433-IV of 16.01.2003 "On Priority Areas of Innovation Activity in Ukraine".

The purpose of the master's thesis is to increase the level of energy efficiency of the forced ventilation system with variable air flow.

To achieve this goal, the following tasks were solved:

- analysis of existing methods and means of increasing the energy efficiency of ventilation systems of the building;
- analysis and calculation of parameters of the system of prism ventilation of the office center building;
- to carry out heat engineering calculations of heat air inflows;
- to calculate and analyze the thermal losses of the office center;
- carry out a comparative analysis of the use of a ventilation system with constant and variable air flow, and also to calculate the economic indicators of the defense system;
- develop a startup project based on research results. The object of research is the process of consuming energy resources of the forced ventilation system.

The subject of the study is methods and means for increasing the energy efficiency of the use of forced ventilation with variable and constant supply of air.

Research methods.

In the work the theoretical methods, which consist in conducting the analysis of the tendency of changes in the volume of electricity consumption depending on the type of ventilation system, were used.

The scientific novelty of the obtained results has been improved by the method of increasing the level of energy efficiency in forced ventilation systems through the use of air supply control in the premises.

Practical value of work. The obtained results of research and comparison of forced ventilation systems with constant and variable air supply will significantly improve the energy efficiency of existing ventilation systems of buildings and burial premises.

Approbation. I Scientific and Technical Conference of IEE Graduates. Dedicated to the 120th anniversary of the KPI to them. Igor Sikorsky from 22.11.2018

Publications The results of the master's thesis were made public:

I Scientific and technical conference of IEE masters (based on the results of dissertation researches of masters) Dedicated to the 120th anniversary of KPI them. Igor Sikorsky from 22.11.2018, Institute of Energy Saving and Energy Management, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute".

To perform calculations in section 3 of the master's thesis, the following software was used: "Northern Wind", MS Excel, Audytor OZC 5.1.

KEYWORDS: blowing - exhaust ventilation systems, variable air supply, constant supply of air, forced ventilation systems, infiltration, heat, heat, refrigeration, net present value.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	13
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В СИСТЕМАХ ПРИМУСОВОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ.	16
1.1 Загальні відомості про системи вентиляції.....	16
1.2 Проведення аналізу заходів енергозбереження у системах вентиляції	25
1.3 Особливості роботи системи примусової вентиляції повітря зі змінною витратою повітря	32
Висновки до розділу 1	36
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ПРИМСОВОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ БУДІВЛІ ОФІСНОГО ЦЕНТРУ	38
2.1 Обстеження вентиляційної системи існуючої будівлі на відповідність встановленим нормам.	38
2.2 Оцінка рівня енергоефективності вентиляційних установок	45
2.3 Виконання теплотехнічного розрахунку теплових притоків офісної будівлі.....	49
2.4 Розрахунок теплових втрат офісної будівлі.....	55
Висновки до розділу 2	65
РОЗДІЛ 3 ВИКОРИСТАННЯ КОНТРОЛЮ ПОДАЧІ ПОВІТРЯ СИСТЕМИ ПРИМУСОВОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОФІСНОГО ЦЕНТРУ	67
3.1 Підбір та розрахунок системи вентиляції зі змінною подачею повітря для існуючої будівлі.	67
3.2 Порівняльний аналіз систем вентиляції зі змінною та постійною повітря.....	72
3.3 Економічний розрахунок системи примусової вентиляції зі змінною витратою повітря	77
Висновки до розділу 3	81

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	83
4.1 Етапи розроблення стартап-проекту	83
4.2 Опис ідеї проекту та визначення загального напрямку використання	84
4.3 Аналіз ринкових можливостей реалізації стартап-проекту	87
4.4 Розробка стратегії ринкового впровадження проекту.....	94
Висновки до розділу 4	96
ВИСНОВКИ	97
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	99
Додаток А	103
Додаток Б.....	104
Додаток В	106

ВСТУП

Структура і обсяг роботи. Магістерська дисертація на тему: " Контроль подачі повітря для підвищення рівня енергоефективності в системах примусової вентиляції " складається із вступу, 4 розділів, висновків, переліку використаних джерел та 3 додатки. Загальний обсяг роботи складає 85 сторінок основного тексту, в тому числі 23 рисунки, 28 таблиць, 48 бібліографічних найменувань за переліком посилань та 3 додадків.

Актуальність теми. Людство невпинно рухається вперед, з шаленим темпом розвиваючись у всіх напрямках своєї діяльності. Проте стрімкий розвиток, а інколи з не до кінця обдуманими рішеннями та діями призводить до негативних наслідків. Зараз ми почали задумуватись над майбутнім нашої планети в цілому та дійшли висновку, що всі енергетичні ресурси є вичерпними і з ними треба досить розумно розпоряджатись. Сьогодні проблема енергозбереження перетворилась в одну з найважливіших загальнолюдських проблем. Раціональне та економне використання природних ресурсів, скорочення шкідливих викидів в атмосферу та ефективне використання електричної та теплової енергії набувають виключно важливого значення у сучасному суспільстві. Тендеція економії ресурсів помітна у всій галузії промисловості.

При будівництві будь- якої будівлі важливим аспектом є вартість експлуатації. Адже витрати, які несе власник будівлі протягом декількох років експлуатації будівлі, можна порівняти з вартістю будівництва. Тому всі учасники проекту повинні приділити важливу роль способам мінімізації енергоспоживання об'єкта, що, природно, повинно привести до оптимізації експлуатаційних витрат.

Системи опалення, вентиляції й кондиціювання повітря для суспільних і промислових будівель є найбільшими споживачами теплової енергії. Тому вдосконалювання цих систем має першочергове значення для підвищення енергоефективності будівель і зниження витрат енергії на створення в них комфортних параметрів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Виконані в роботі дослідження відповідають напряму «Енергетика та енергоефективність» Закону України № 2519-VI від 09.09.2010 р. «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки», стратегічним пріоритетним напрямом інноваційної діяльності в Україні на 2003-2013 роки «Новітні ресурсозберігаючі технології» Закону України № 433-IV від 16.01.2003 р. «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні».

Метою магістерської дисертації є підвищення рівня енергоефективності системи примусової вентиляції зі змінною витратою повітря.

Для досягнення зазначеної мети дослідження були вирішені наступні завдання:

- проведення аналізу існуючих методів та засобів підвищення рівня енергоефективності вентиляційних систем будівлі;
- аналіз та розрахунок параметрів системи примусової вентиляції будівлі офісного центру;
- виконати теплотехнічний розрахунок теплових притоків повітря;
- провести розрахунок та аналіз теплових втрат офісного центру;
- провести порівняльний аналіз використання системи вентиляції з постійною та змінною витратою повітря, а також розрахувати економічні показники обігрової системи;
- розробити стартап-проект за результатами дослідження.

Об'єктом дослідження є процес споживання енергетичних ресурсів системи примусової вентиляції.

Предметом дослідження є методи та засоби підвищення рівня енергоефективності використання примусової вентиляції зі змінною та постійною подачею повітря.

Методи дослідження.

В роботі використовувались теоретичні методи , які полягають в проведенні аналізу тенденції зміни обсягів споживання електроенергії в залежності від типу вентиляційної системи.

Наукова новизна одержаних результатів вдосконалено метод підвищення рівня енергоефективності в системах примусової вентиляції за рахунок використання контролю подачі повітря в приміщення.

Практичне значення роботи. Отримані результати дослідження і порівняння систем примусової вентиляції з постійною та змінною подачею повітря дозволять суттєво підвищити рівень енергетичної ефективності існуючих систем вентиляції будівель та виробничих приміщень.

Апробація. І Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ. Присвячена 120-річчю КПІ ім. Ігоря Сікорського від 22.11.2018 р

Публікації. Результати магістерської дисертації були оприлюдненні:

- І Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів) Присвячена 120-річчю КПІ ім. Ігоря Сікорського від 22.11.2018 р., Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського".

Для виконання розрахунків у розділі 3 магістерської дисертації використовувалось наступне програмне забезпечення: «Северный ветер», MS Excel, Audytor OZC 5.1.

Ключові слова: приточно – витяжна система вентиляції, змінна подача повітря, постійно подача повітря, примусова система вентиляції, інфільтрація, теплопритоки, тепловтрати, холодопостачання, чиста приведена вартість.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ЗАХОДІВ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В СИСТЕМАХ ПРИМУСОВОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ.

1.1 Загальні відомості про системи вентиляції.

Вентиляція (від лат. *ventilatio* — провітрювання) — створення обміну повітря в приміщенні для видалення надлишків теплоти, вологи, шкідливих та інших речовин з метою забезпечення допустимих метеорологічних, санітарно-гігієнічних, технологічних умов повітряного середовища. Вентиляція створює умови повітряного середовища, сприятливі для здоров'я і самопочуття людини, що відповідають вимогам технологічного процесу, збереження устаткування і будівельних конструкцій будівлі, зберігання матеріалів, продуктів, книг, картин тощо.[1]

Для оптимального теплового самопочуття людина повинна зберігати постійну температуру тіла, що забезпечується безперервним відведенням тепла, яке утворюється в процесі життєдіяльності організму і сприйманої ним теплоти— в навколишнє середовище. Теплообмін і теплове самопочуття людини обумовлюються сумісним впливом температури повітря і навколишніх предметів, вологості повітря і швидкості його руху біля тіла. [1]

Природна вентиляція є найпоширенішим способом змінювати внутрішнє повітря в будинку, подаючи зовнішнє свіже. Сьогодні це, як правило, не найкраща стратегія вентиляції, особливо для будинків, які належним чином теплоізовані для підвищення енергоефективності. Природна вентиляція також зазвичай не забезпечує належного контролю вологи.

Природна вентиляція виникає, коли спостерігається неконтрольований рух повітря або проникнення через тріщини та невеликі отвори у домі - ті самі, які потрібно скріпити, щоб зробити будинок більш енергоефективним. Відкриття вікон та дверей також забезпечує природну вентиляцію. Внаслідок систем

централізованого опалення та охолодження більшість людей не відкривають вікна та двері досить часто. Тому для них проникнення повітря є основним способом природної вентиляції в будинках.[3][4]

Рівень природної вентиляції будинку непередбачуваний і неконтрольований, тому не можна покладатися на це, щоб рівномірно вентилувати будинок. Природна вентиляція залежить від герметичності будинку, зовнішніх температур, вітру та інших факторів. Тому під час м'якої погоди деякі будинки можуть не мати достатньої природної вентиляції для видалення забруднюючих речовин. З іншого боку, у важко закритих будинках може бути недостатня природна вентиляція значну частину часу, тоді як будинки з високим рівнем інфільтрації повітря можуть мати високі витрати на енергію. Природна вентиляція - це неконтрольований рух повітря всередині та з тріщин, невеликих отворів у домі. Сьогодні ущільнюються тріщини та отвори, щоб зробити будинки більш енергоефективними, і після того, як в споруді буде належним чином зафіксовано повітря, вентиляція необхідна для підтримки здорового та комфортного внутрішнього середовища. Відкриття вікон і дверей також забезпечує природну вентиляцію, але багато людей залишають свої будинки закриті, оскільки вони використовують системи центрального опалення та охолодження цілий рік.[25]

Повітряна вентиляція може бути використана для підвищення ефективності природної вентиляції. Однак, природна вентиляція не відповідає потребам у вентиляції будинку, то слід розглянути стратегію вентиляції будинку в цілому.

Повітряна вентиляція покращує ефективність цілих будинків - шляхом видалення забруднювачів повітря у приміщенні та / або вологи та їх джерела. Повітряна вентиляція включає в себе використання локалізованих витяжних вентиляторів, таких як ті, що використовуються вище кухонних діапозонів і у ванних кімнатах.[4]

Американське товариство інженерів з опалення, охолодження та кондиціонування повітря (ASHRAE) рекомендує періодичні або постійні рівні вентиляції для ванних кімнат та кухонь замість використання вікон (природна

вентиляція): 50 або 20 кубічних футів у хвилину для ванних кімнат та 100 або 25 кубічних футів за хвилину для кухонь, відповідно.

Об'єм вентиляційного повітря визначається для кожного приміщення окремо, з урахуванням наявності шкідливих домішок (речовин), або задається за результатами проведених досліджень. Якщо характер та кількість шкідливих домішок (речовин) не піддаються обліку, повітрообмін визначають за кратністю [2]:

$$L = V_{\text{пом}} \cdot K_p \text{ (м}^3\text{/год)}, \quad (1.1)$$

де $V_{\text{пом}}$ – об'єм приміщення, м^3 ;

K_p – мінімальна кратність повітрообміну, 1/год, див. таблицю кратності повітрообміну.

Загальний об'єм приміщення в кубічних метрах. Для цього використовується проста формула:

$$\begin{aligned} \text{Довжина} \times \text{ширина} \times \text{висота} &= \text{об'єм приміщення (м}^3\text{)} \\ A \times B \times H &= V \text{ (м}^3\text{)}, \end{aligned} \quad (1.2)$$

Наприклад: приміщення довжиною 7 м, шириною 4 м та висотою 2,8 м. Для визначення об'єму повітря, необхідного для вентиляції цього приміщення, розраховуємо об'єм кімнати:

$$7 \times 4 \times 2,8 = 78,4 \text{ м}^3.$$

Визначення необхідної повітропродуктивності вентилятора [2].

Визначення повітрообміну при виділенні вологи:

$$L = L_1 \cdot N_L \text{ (м}^3\text{/год)}, \quad (1.3)$$

де L_1 – норма повітря на одну людину, $\text{м}^3\text{/год} \cdot \text{чол}$;

N_L – кількість людей в приміщенні.

20-25 м³/год на одну людину при мінімальній фізичній активності

45 м³/год на одну людину при легкій фізичній роботі

60 м³/год на одну людину при важкій фізичній роботі

Визначення повітрообміну при виділенні вологи[2]:

$$L = D / ((d_v - d_n) \cdot \rho) \text{ (м}^3\text{/год)}, \quad (1.4)$$

де **D** – кількість вологи, що виділяється, г/год;

d_v – вміст вологи у повітрі, що видаляється, г води/кг повітря;

d_n – вміст вологи у припливному повітрі, г води/кг повітря;

ρ – густина повітря, кг/м³ (при +20 °C = 1,205 кг/м³).[3]

Визначення повітрообміну для видалення надлишків тепла:

$$L = Q / (\rho \cdot C_p \cdot (t_v - t_n)) \text{ (м}^3\text{/год)}, \quad (1.5)$$

де **Q** – виділення тепла у приміщення, кВт;

t_v – температура повітря, що видаляється, °C;

t_n – температура припливного повітря, °C;

ρ – густина повітря, кг/м³ (при 20 °C = 1,205 кг/м³);

C_p – теплоємність повітря, кДж/(кг·K) (при 20 °C; C_p=1,005 кДж/(кг·K)).[3]

Всі вентилятори, вентиляційні отвори та вентиляційне обладнання в домашніх умовах спільно працюють як система вентиляції для обміну внутрішнього та зовнішнього повітря, не витрачаючи енергії. Системи вентиляції можна класифікувати як один із чотирьох типів: витяжний, припливний, збалансований та теплове відновлення. Правильна система вентиляції для конкретного будинку залежить від клімату та потреб структури.[24][34]

Системи витяжної вентиляції мають перевагу в холодному кліматі, де вони менш імовірно вносять вологе повітря в будівлю. Припливні вентиляційні системи краще контролюють вологість у теплих кліматах. Збалансовані системи вентиляції працюють як в холодному, так і в теплом кліматі, але вони коштують дорожче. Системи теплового відновлення обмінюються внутрішнім повітрям із зовнішнім повітрям.[4]

Витяжні вентиляційні системи працюють шляхом скидання тиску на будівлю. Знижуючи внутрішній тиск повітря під тиском повітря назовні, вони витягують повітря в приміщенні з будинку, а повітря проникає через щілини у корпусі та через навмисні пасивні вентиляційні отвори (рис.1.1).

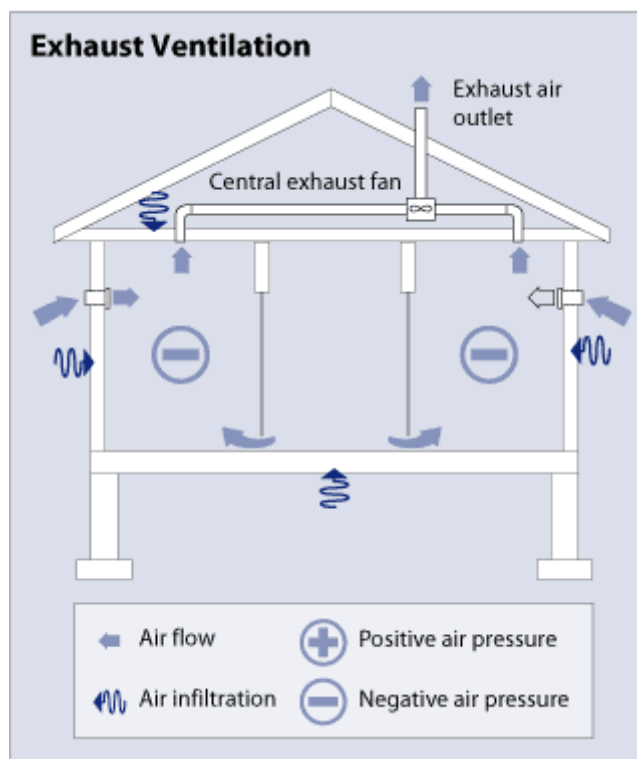


Рисунок 1.1 - Принципова схема роботи витяжної системи вентиляції

Системи витяжної вентиляції найбільш застосовуються в холодному кліматі. У кліматах з теплим, вологим літом, вологе повітря може проникати в порожнини будівельних стінок, в результаті чого в порожнинах стін з'являється конденсат, що призводить до руйнації будівель.[36]

Системи витяжної вентиляції відносно прості та недорогі для установки. Як правило, система витяжної вентиляції складається з одного вентилятора, підключеного до централізованої, єдиної викидної точки в будинку.

Кращим варіантом є підключення вентилятора до каналів з декількох приміщень (особливо приміщень, де, як правило, утворюються забруднювачі, наприклад, ванні кімнати). Регульовані, пасивні вентиляційні отвори через вікна

або стіни можуть бути встановлені, щоб вводити свіже повітря, а не покладатися на витоки у будівлі. Проте пасивні вентиляційні отвори можуть бути неефективними, оскільки для більшої роботи вони можуть мати значно менший тиск, ніж той, що утворюється вентилятором вентиляції.[36]

Повітряні витяжні вентилятори, встановлені у ванній кімнаті, але працюють безперервно, являють собою систему витяжної вентиляції у найпростішій формі.

Однією з проблем системи витяжних вентиляцій є те, що вони можуть містити забруднюючі речовини. Наприклад, крім свіжого зовнішнього повітря, вони можуть мати наступне:

- радон і форми з прохідного простору
- пил з мансарди
- випаровування з приєднаного гаража
- димові гази з каміна або водонагрівача і печі з викопним паливом.

Особливо це може викликати занепокоєння, коли вентилятори для ванни, вентилятори діапазону та сушарки для одягу (що також пригнічують будинок, коли вони працюють) працюють, коли працює система витяжної вентиляції.

Системи витяжної вентиляції можуть також сприяти збільшенню витрат на опалення та охолодження в порівнянні з вентиляційними системами відновлення енергії, оскільки вихлопні системи не пом'якшують і не видаляють воду з повітря, перш ніж воно потрапляє в будинок. [5]

Системи припливної вентиляції працюють під тиском будівлі (рис. 1.2). Вони використовують вентилятор, щоб змусити зовнішнє повітря потрапити в будівлю, а повітря витікає з будівлі через отвори в корпусі, вентиляційні канали, а також навмисні вентиляційні отвори.

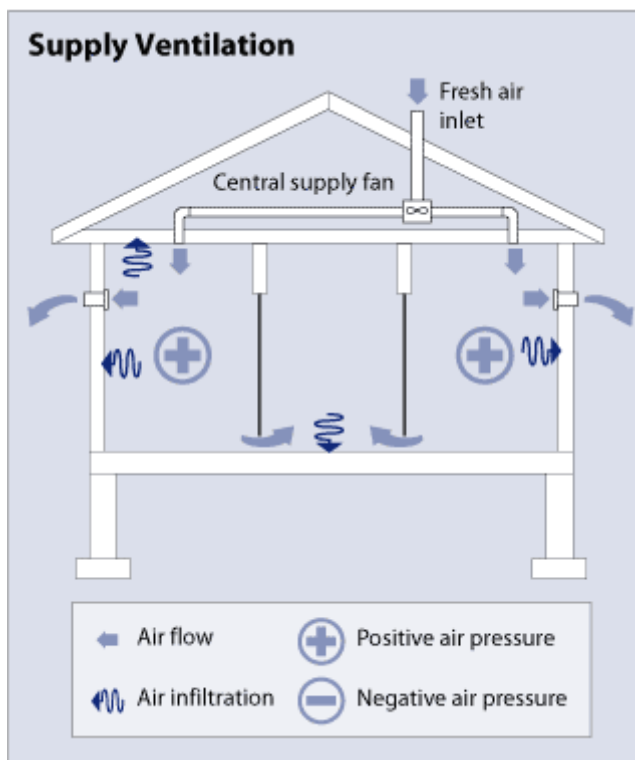


Рисунок 1.2- Принципова схема роботи припливної системи вентиляції

Як і в системах витяжної вентиляції, постачання вентиляційних систем є відносно простим та недорогим для встановлення. Типова система має систему вентилятора та каналу, яка вводить свіже повітря до кімнат. Ця система може включати регульовані вікна або вентиляційні отвори в інші приміщення.[5]

Системи вентиляції подачі повітря дозволяють краще контролювати кількість повітря, що надходить у будинок, ніж системи витяжної вентиляції. Під тиском будинку ці системи перешкоджають надходженню забруднюючих речовин ззовні та запобігають циркуляції газів згоряння з камінів та приладів. Вони також дозволяють фільтрувати повітря, що вводиться до будинку, для видалення пилу або для осушення.

Системи вентиляції подачі найкраще працюють в умовах гарячого або змішаного клімату. Оскільки вони стискають будинок, вони можуть викликати проблеми з вологістю в холодному кліматі.[5]

Взимку система подачі вентиляції викликає тепле внутрішнє повітря, яке може протікати через випадкові отвори у зовнішній стіні та на стелі. Якщо

внутрішнє повітря досить вологе, то може виникати конденсат на горищі або частинах зовнішньої стінки, що сприяє формуванню плісняви та розпаду споруди.[12]

Як і системи витяжної вентиляції, припливні системи вентиляції не видаляють вологу з повітря, перш ніж воно потрапляє в будинок. Таким чином, вони можуть сприяти підвищенню витрат на опалення та охолодження. Оскільки повітря вводиться в будинок в окремих місцях, зовнішнє повітря може бути необхідним для змішування з внутрішнім повітрям перед доставкою, щоб уникнути холодних потоків у зимовий період. Інший варіант є використання внутрішнього нагрівача, але це збільшить експлуатаційні витрати. [10][11]

Збалансовані системи вентиляції, якщо вони правильно спроектовані та встановлені, то не піддають тиску або тиску будинку. Навпаки, вони вводять та викидають приблизно однакову кількість повітря (рис. 1.3).

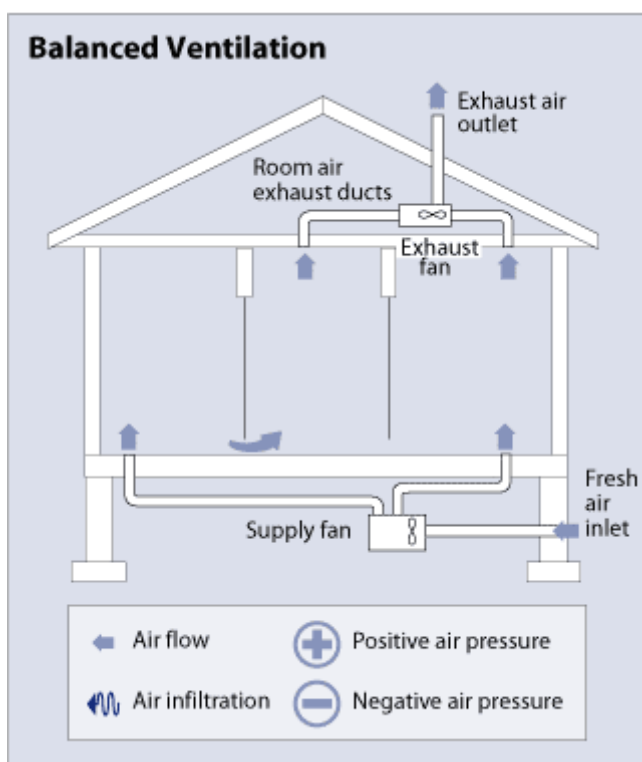


Рисунок 1.3 - Принципова схема роботи збалансованої системи вентиляції

Збалансована система вентиляції, як правило, має два вентилятори та дві системи каналів. Це сприяє хорошему розподілу свіжого повітря шляхом розміщення впускних та витяжних отворів у відповідних місцях.

Типова збалансована система вентиляції призначена для подачі свіжого повітря в спальні та загальні кімнати, де люди проводять найбільше часу. Вона також забирає повітря з кімнат, де найчастіше генеруються вологість та забруднювачі, такі як кухня, ванні кімнати та пральня.

Як і системи подачі та випуску, збалансовані системи вентиляції не знижують вологість повітря, перш ніж воно потрапляє в будинок, проте, вони використовують фільтри для видалення пилу.

Також, як системи вентиляції, зовнішнє повітря може потребувати змішування з повітрям у приміщенні перед доставкою, щоб уникнути холодних потоків протягом зими. Це може сприяти зменшенню витрат на опалення та охолодження.[26]

Збалансовані системи вентиляції відповідають всім кліматам; однак, оскільки вони вимагають двох каналних та вентиляторних систем, вони, як правило, більш дорогі для встановлення та експлуатації, ніж системи подачі або випуску.

Системи вентиляції відновлення енергії зазвичай коштують більше, ніж інші системи вентиляції. Загалом, простота є ключем до економічно ефективної установки. Щоб заощадити на витратах на встановлення, багато систем поділяють існуючі канали.

Комплексні системи не тільки коштують дорожче для встановлення, але часто вони також інтенсивно обслуговують та споживають більше електроенергії. Для більшості будинків спроба відновити всю енергію у відпрацьованому повітрі, ймовірно, не буде коштувати додаткових витрат. Також ці типи систем вентиляції все ще не дуже поширені. Тільки деякі підрядники HVAC мають достатньо технічного досвіду та досвіду для їх установки.[17]

Загалом, ви хочете мати потік і зворотний канал для кожної спальні та для кожної спільної зони для проживання. Канали повинні бути максимально короткими та прямими. Правильний розмір каналу необхідно розрахувати так, щоб мінімізувати падіння тиску в системі і тим самим підвищити продуктивність.

Крім того, системи вентиляції енергії, що експлуатуються в умовах холодного клімату, повинні мати пристрої для запобігання замерзання та заморозкам. Дуже холодне джерело повітря може спричинити заморозку в теплообміннику, що може пошкодити його. Збільшення морозу також знижує ефективність вентиляції.

Системи вентиляції для відновлення енергії повинні регулярно очищатися, щоб запобігти погіршенню рівня вентиляції та відновленню тепла, а також запобігати утворенню цвілі та бактерій на поверхні теплообмінника.

Без комфортної вентиляції, адекватний обмін повітря в нових будівлях може здійснюватися лише за допомогою регулярної вентиляції продувки. Щоб досягти повітряного обміну близько 0,33 крат (зміна повітря на годину), доведеться відкривати вікна ширими від 5 до 10 хвилин кожні три години - навіть вночі. Це рідко буває на практиці.[17][18]

Відповідно, якість повітря зазвичай погана і підвищений ризик високої вологості повітря. Оскільки ми самі не можливо сприйняти якість повітря в приміщенні, і не можливо оцінити кількість свіжого повітря, яке фактично постачається через відкриті вікна, навіть для фахівця важко досягти "потрібної" кількості повітряного обміну.

1.2 Проведення аналізу заходів енергозбереження у системах вентиляції

Енергетична криза 70-х років допомогла зрозуміти, наскільки обмежені ресурси нашої планети. Ми почали економити і знижувати енергоспоживання будь-якими способами. І це, як вважали багато, було добре. Але були і недоліки. Ось один з них : будинки були герметизовані настільки, що повністю

припинилася витік повітря через стіни, вікна та двері. Однак така ізоляція не супроводжувалася поліпшенням вентиляційних систем, що призвело до значного погіршення мікроклімату приміщень, а отже, до проблем зі здоров'ям у безлічі людей. Несвіже повітря і вогкість стали серйозними проблемами і в новобудовах, і в старих будівлях.

Іншим прорахунком було те, що заради скорочення споживання енергії в 70-і роки відмовилися від багатьох корисних, але енергоємних функцій. Звичайно, ми не проти економії енергії, але сьогодні ми вже краще розуміємо, без яких функцій можна обійтися, а без яких - ні.

Без вентиляції обійтися не можна!

Правильно спроектована вентиляційна установка не споживає багато електроенергії. Навпаки, в будівлях з примусовою вентиляцією (споживає електроенергію) загальне споживання електроенергії скорочується в порівнянні з будівлями, обладнаними вентиляцією на природній тязі.[19]

Сьогодні ми стали набагато більше думати при вкладенні коштів. Раніше, купуючи що-небудь, зверталась увага тільки на ціник, і часто вибиралося те, що дешевше.

Зараз звертається увага на багато речей набагато серйозніше і реалістичніше. Оцінюється вартість виробу або установки з урахуванням витрат на неї протягом усього терміну служби. Вони включають покупну вартість, витрати на експлуатацію та технічне обслуговування, а також на можливий демонтаж і вивіз. При розрахунку сукупних витрат часто стає очевидним, що покупна вартість становить дуже невелику частину, часто близько 10%. Решта 90% йдуть на експлуатацію та технічне обслуговування.[32]

Витрати на опалення і вентиляцію складають значну частину витрат на експлуатацію будівлі. Щоб їх скоротити, необхідно оснастити будівлю ефективною системою вентиляції з утилізацією тепла і регулюванням витрати повітря відповідно до потреби. Це призведе до економії електроенергії в будинку

і, отже, до скорочення загальних витрат. Дорожча установка швидко окупається за рахунок зниження витрат на електроенергію.

Ще однією перевагою такої системи є її екологічність, пов'язана з меншим споживанням електроенергії.

У вентиляційних системах, заснованих на використанні природної тяги, тепле повітря виходить через повітроводи, а припливне зовнішнє повітря потрапляє всередину за рахунок природної конвекції. На відміну від систем з примусовою вентиляцією для роботи такої системи не потрібно електроенергія.

Проте, природна вентиляція є причиною зайвої витрати електроенергії. Справа в тому, що разом з повітрям, що видаляється з приміщення тепло. Тому замість того, щоб опалювати будівлю, ви опалюєте околиці.[25]

Найбільш високою енергетичною ефективністю володіють системи з примусовою припливно-витяжною вентиляцією та утилізацією тепла. У таких системах тепло видаленого повітря використовується для нагріву припливного повітря. Дуже важливо, щоб в приміщення надходило стільки повітря, скільки необхідно. Таким чином, для того щоб система працювала справно і при цьому була економічною необхідно, щоб витрата повітря регулювався відповідно до потреби.

Сьогодні проблема енергозбереження перетворилась в одну з найважливіших загальнолюдських проблем. Рациональне та економне використання природних ресурсів, скорочення шкідливих викидів в атмосферу та ефективне використання електричної та теплової енергії набувають виключно важливого значення у сучасному суспільстві.[28]

Важливий аспект будь-якого об'єкта - це вартість експлуатації. Адже витрати, які несе власник будівлі протягом декількох років експлуатації будівлі, порівнюються з вартістю будівництва. Всі учасники проекту повинні приділяти важливу роль способам мінімізації енергоспоживання об'єкта, що, природно, повинно зменшити експлуатаційні витрати.

Системи опалення, вентиляції й кондиціонування повітря для суспільних і промислових будівель є найбільшими споживачами теплової енергії. Тому вдосконалювання цих систем має першочергове значення для підвищення енергоефективності будівель і зниження витрат енергії на створення в них комфортних параметрів.[31]

Заходи щодо енергозбереження в системах опалення, вентиляції й кондиціонування повітря умовно можна поділити на чотири групи (1.1) [32]

Таблиця 1.1 – Групи заходів енергозбереження вентиляційних систем

Група заходу	Суть
Організація обліку й контролю з використання енергоносіїв	дозволяє виявити фактичне споживання теплової енергії, що може відрізнятися від проектного теплового навантаження будівель і споруд. За відсутності приладового обліку тепlopостачальні організації часто використовують систему тарифів і питомих нормативів опалення із понижуючими коефіцієнтами, що призводить до перевищення обсягів теплової енергії, за яку платить споживач.
Об'ємно-планувальні, будівельно-конструктивні	реалізація може бути пов'язана з: вибором орієнтації будинку щодо сторін світу; вибором форми будинку в плані й по вертикалі, застосуванням сонцезахисних пристроїв; зменшенням витрат енергії на штучне освітлення; вибором ступеня й характеру застосування.
Технічні	удосконалювання інженерних систем та їхніх елементів – удосконалення інженерних систем і їхніх елементів: місцевого й центрального тепlopостачання, водопостачання, опалення, гарячого водопостачання, вентиляції, кондиціонування.
Енергозбереження шляхом утилізації природної теплоти й холоду	використання вторинних енергоресурсів, зменшення теплових втрат

Якщо розглянути більш конкретніше, зменшити енергоспоживання вентиляційної системи можна за допомогою наступних заходів: Заходи по економії електроенергії:

1. Заміна вентиляторів старих типів з ККД $50 \div 63\%$ на сучасні вентилятори з ККД $80-86\%$ дає економію $20 \div 30\%$ електроенергії.

2. Регулювання витяжної вентиляції шиберами на робочому місці замість регулювання на нагнітанні дає економію електроенергії 10% ;

3. Заміна загально обмінна цехових систем вентиляції на місцеві індивідуальні рекуперативні системи витяжки, розташовані в зонах шкідливих викидів, економить до 50% електроенергії;

4. Використання регульованого частотного приводу вентиляторів, а також багатошвидкісних електродвигунів дозволяє економити $20 \div 30\%$ електроенергії;[33]

5. Автоматичне управління вентиляційними установками шляхом:

- установки блокування індивідуальних витяжних систем на включення тільки при роботі механізмів джерела викидів дає економію електроенергії $25 \div 70\%$;
- автоматичного регулювання температури теплоносія калориферів припливних камер в залежності від температури навколишнього повітря дозволяє економити до $10 \div 15\%$ електроенергії;
- поділ на режими: «робочий час» - «неробочий»; «Режим вихідного дня» за допомогою реле 2РВМ, ВС-44 і т.д .;

6. Впровадження графіків роботи вентсистем: відключення в обідній час, по закінченню роботи - дає економію електроенергії до 20% ;

7. Усунення дефектів вентсистем, отриманих при некваліфікованої збірці, монтажі та ремонтах вентиляційних установок. До таких дефектів відносяться:

- зняття обтічника перед входом в робоче колесо знижує ККД на 10% ;
- укорочений дифузор знижує ККД на 6% ;

- колесо осьового вентилятора перевернуто, ККД вентилятора знижується на $20 \div 40\%$;
- збільшений зазор між робочим колесом і всмоктуючим патрубком відцентрового вентилятора;
- неякісне виготовлення і монтаж відводів, трійників, колін, погана штукатурка каналів, вм'ятини (ці дефекти збільшують гідравлічний опір системи);[31]

8. Впровадження високоекономічних радіальних вентиляторів із загнутими вперед лопатками підвищує ККД установки на $10 \div 12\%$.

Питання енергозбереження в Україні є частиною державної політики:

- створення державою економічних і правових умов зацікавленості в енергозбереженні юридичних та фізичних осіб;
- встановлення плати за прямі втрати і нераціональне використання паливно-енергетичних ресурсів;
- поступовий перехід до масового застосування приладів обліку та регулювання споживання паливно-енергетичних ресурсів.

Держава забезпечує умови для проведення систематичних комплексних досліджень у сфері енергозбереження для розробки наукових основ створення новітніх енергозберігаючих процесів й технологій.[14]

Можна зробити висновок, що стимулювання енергозбереження здійснюється шляхом надання податкових пільг підприємствам, які працюють на нетрадиційних та поновлюваних джерелах енергії, альтернативних видах палива; пріоритетного кредитування заходів щодо забезпечення раціонального використання та економії паливно-енергетичних ресурсів. Це дозволяє створити цілісну адміністративну систему енергозбереження, яка дозволяє діяти у напрямку зниження споживання електроенергії.

Удосконалення регулювання вентиляційних та аспіраційних систем сприяє підвищенню їх енергетичної ефективності і виробництва в цілому. Найбільш істотний вплив на втрати енергії (напору) потоку аеродинамічного середовища

мають місцеві опори. Складність розрахунку аеродинамічних параметрів в регулювальних пристроях обумовлена наявністю в них змін швидкості руху, відриву потоку, виникнення вихроутворень, що призводить до нестабільності турбулентності. [19]

Основними причинами невідповідності фактичних витрат робочого середовища проектним на ділянках вентиляційних та аспіраційних систем:

- неможливість досягнення точної ув'язки втрат тиску в вузлах сполучення (розділення) повітряних потоків через неточне виготовлення та монтаж повітропроводів;

- складність точного розрахунку їх опору: наближеними є коефіцієнти місцевих опорів, значення яких часто відрізняються від прийнятих величин через взаємний вплив близького розташування трійників, відводів та інших джерел місцевих опорів;

- нечіткість налагоджування системи при використанні наявних в теперішній час засобів регулювання (не враховується можливість похибки при осьових замірах швидкостей повітря через зміну цих швидкостей не на осі їх заміру); похибка замірів приладів часто досягає 15–20 %;

- недостатньо точне регулювання налагоджувальниками витрати повітря по окремих ділянках системи через велику трудоемність цієї роботи; при зміні положення заслінок (дросель-клапанів) на одному з відгалужень відбувається перерозподіл витрат повітря в усіх ділянках повітропроводу, тому налагоджувальні операції доводиться повторювати багато разів, поступово наближаючись до проектних рішень.[20]

Регулювання аеродинамічної мережі полягає в штучному зменшенні продуктивності вентиляційної установки від початкової величини до заданої. При зменшенні продуктивності знижується потужність, що витрачається вентилятором, в залежності від способу регулювання.

1.3 Особливості роботи системи примусової вентиляції повітря зі змінною витратою повітря

VAV- Variable Air Volume- вентиляційні системи зі змінною витратою повітря працюють в режимі зміни кількості повітря, що подається. Зміни теплового навантаження приміщення компенсується ляхом зміни об'єму приточного та витяжного повітря при його постійній температурі, подавальної від центральної припливної установки.[21]

Вентиляційна система VAV реагує на зміни теплових навантажень окремих приміщень або зон будівлі та змінює фактичну кількість повітря, що подається в приміщення або зону. За рахунок цього вентиляційна система VAV працює при загальному значенні витрати повітря меншому, ніж необхідно при сумарному максимальному тепловому навантаженні всіх окремих приміщень. Це забезпечує зниження споживання енергії при збереженні заданої якості повітря всередині приміщень. Зниження енергетичних витрат може становити 25% і вище в порівнянні з вентиляційними системами з постійною витратою повітря.

У разі використання автоматичних цифрових систем DDC (Direct Digital Control) вентиляційна система VAV може бути повністю інтегрована з комплексною системою управління будівлею BAS (Building Automation System), що забезпечує користувачеві будівлі можливість моніторингу і управління параметрами роботи інсталяції.[21]

Вентиляційна система VAV сконструйована за універсальним принципом, завдяки чому вона може бути швидко адаптована до нових умов експлуатації в разі модернізації або перебудови будівлі. Це відноситься також і до системи управління.

Використання нових технологій управління дозволяє підключити її до загальної системи диспетчеризації на основі інших протоколів.

Виходячи з вищесказаного, найбільш істотні переваги вентиляційних систем VAV є:

- індивідуальне регулювання параметрів повітря в окремих приміщеннях;
- можливість використання датчиків руху, датчиків CO^2 , реле часу і ручних регуляторів для зміни витрати повітря;
- зниження витрат на виробництво і монтаж мережі повітроводів, і зниження вартості обладнання для підготовки повітря;
- зниження споживання електроенергії;
- спрощення процесу запуску і настройки вентиляційної мережі;
- можливість безперервного контролю величини кількості повітря в окремих відгалуженнях мережі повітряних каналів;
- можливість централізованого управління витратою повітря в установці;
- можливість переобладнання вентиляційної системи відповідно до нових умов.[41]

Головним елементом, який підтримує задану температуру і витрата повітря в приміщенні, є регулятор VAV, який називають також терміналом VAV (рис.1.4).

Управління його роботою здійснюється за допомогою пристрою, що задає (температурного регулятора, ручного задатчика), яке розміщується в обслуговуючій зоні будівлі або в окремому приміщенні.



Рисунок 1.4 . - Термінали VAV для повітряних каналів круглого і прямокутного перетину

Завданням терміналу є підтримка заданої кількості припливного і витяжного повітря в залежності від поточної потреби. Необхідна величина витрат визначається значенням зовнішнього керуючого сигналу (рис.1.5). Цей сигнал надходить на регулятор від встановлених в приміщеннях будівлі температурних регуляторів, датчиків CO^2 або інших елементів системи управління.

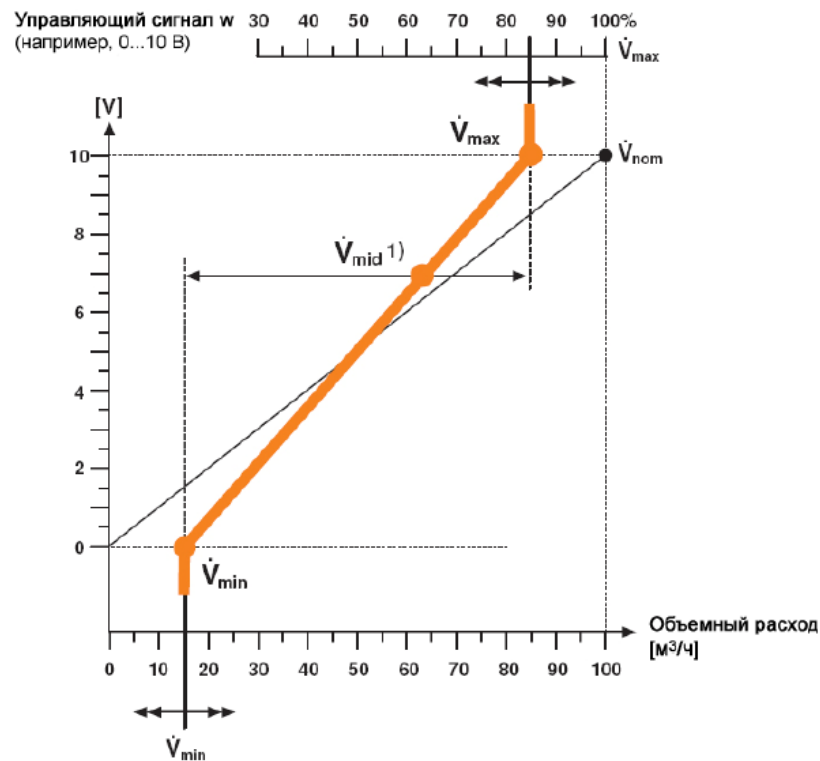


Рисунок 1.5 – Принцип дії роботи терміналу

На вимірювальних елементах VAV-терміналу (рис. 1.6), які встановлюються у вентиляційному каналі виникає перепад тисків, його величина залежить від швидкості повітря. Це значення перепаду подається на вимірювальний перетворювач, в якому визначається фактичні витрати повітря в залежності від площі поперечного перерізу терміналу, потім значення поточної витрати повітря порівнюється з тим, яке задається. В результаті цього порівняння, формується величина відхилення параметра системи регулювання, на підставі якого генерується сигнал для зміни положення дросельної заслінки.[41]

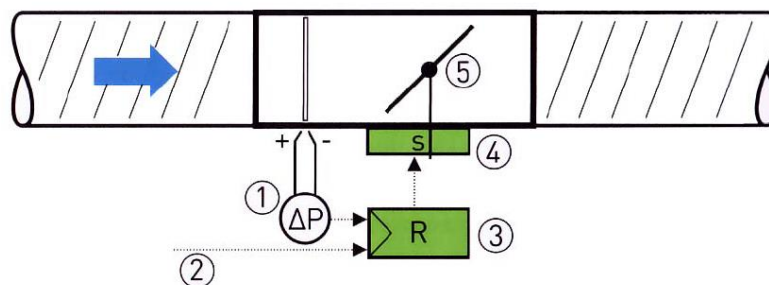


Рисунок 1.6- Конструктивні елементи регулятора витрати VAV:

1 - перетворювач перепаду тисків;

- 2 - зовнішній управляючий сигнал;
- 3 - VAV регулятор;
- 4 - електропривод дросельної заслінки;
- 5 - дросельна заслінка.

Витрата повітря для системи кондиціонування встановлюється таким чином, щоб протягом усього року забезпечити мікроклімат, оцінюваний як комфортний для більшості користувачів.[42]

Як відомо, завжди є певне коло незадоволених осіб, однак, їх число може бути значно зменшено за рахунок системи автоматичного регулювання температури повітря окремо по кожному приміщенню. Необхідно також пам'ятати, що значення витрати V_{\min} для регуляторів VAV не може бути нижче мінімального значення, обумовленого санітарними вимогами.

З метою визначення оптимальної потреби в повітрі на охолодження або нагрів слід провести моделювання процесів теплопритоків і тепловтрат на об'єкті, а також провести розрахунок кількості повітря, необхідного для забезпечення комфортного мікроклімату в обслуговуваних зонах або приміщеннях будівлі. Як і для будь-якої вентиляційної системи, ключовим питанням для системи VAV є правильне визначення всіх джерел тепла в даному приміщенні. Стосовно до будівлі, в розрахунок приймаються найбільш істотні джерела[28], це:

- сонячне випромінювання
- електричні освітлювальні прилади
- притоки через зовнішні огороження
- люди
- офісна техніка та побутова техніка
- зовнішнє повітря, що надходить через щілини (інфільтрація), відкриті вікна або двері.

Для правильного розподілу потоків припливного повітря по будівлі слід розділити його на зони з приблизно однаковими значеннями теплового навантаження. Наприклад: зовнішні і внутрішні зони, зовнішні, в свою чергу,

діляться на північну, південну, східну, західну, а також виділити специфічні зони: конференц-зали, холи, ресторани, кухонні приміщення, серверні. У таких специфічних приміщеннях можлива установка додаткове кліматичне обладнання.[28]

Висновки до розділу 1

1. Вентиляція будівель є необхідною умовою для створення необхідних комфортних умов середовища для людини. Саме вона створює сприятливі для здоров'я умови, які в свою чергу відповідають значній кількості санітарних та будівельних норм. В основному є два типи вентиляції з природньою та з примусовою конвекцією. Природня вентиляція будівель – це вентиляція коли свіже повітря самостійно потрапляє в приміщення, без дії зовнішніх чинників. Вентиляція з примусовою конвекцією – це коли повітря рухається під дією вентилятора або іншого технічного пристрою. Завжди існує певна необхідна кількість свіжого повітря, яке повинно надходити в приміщення. Відповідно до цього і визначається, який тип вентиляції використовувати в будівлі. Якщо природній потік буде покривати всі потреби, тоді система примусової вентиляції не потрібна, в інших випадках вона є необхідною.
2. Заходи енергозбереження в системах вентиляції й кондиціювання повітря умовно можна поділити на чотири групи:
 - організація обліку й контролю з використання енергоносіїв, що дозволяє виявити фактичне споживання теплової енергії;
 - об'ємно-планувальні, будівельно-конструктивні заходи щодо енергозбереження;
 - технічні заходи енергозбереження;
 - енергозбереження шляхом утилізації природної теплоти й холоду, використання вторинних енергоресурсів, зменшення теплових втрат.

3. Всі системи примусової вентиляції можна поділити на два типи : зі змінною та з постійною витратою повітря. Система з постійною подачею повітря - це система, яка подає в приміщення певну кількість повітря на постійній основі, не залежно від того чи є там люди чи немає. Система зі змінною подачею повітря враховує певні фактори у своїй під час роботи, тим самим регулює кількість повітря, яка подається в приміщення. Головним робочим елементом такої системи є VAV – термінал, який і веде контроль над повітрям. Дана система є більш енергоефективна ніж звичайна.

РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ПРИМСОВОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ БУДІВЛІ ОФІСНОГО ЦЕНТРУ

2.1 Обстеження вентиляційної системи існуючої будівлі на відповідність встановленим нормам.

Об'єктом обстеження є будівля офісного центру (додаток А) . Має 14 поверхів, 2 рівні підземного паркінгу та технічний поверх, який розташований під покрівлею.

Опис району

- Район будівництва: Україна, місто Київ, вул.. Велика Васильківська 98.
- Кліматичний підрайон – І;

Кліматичні дані району забудови інженерних систем вентиляції наведені на рис. 2.1-2.2.

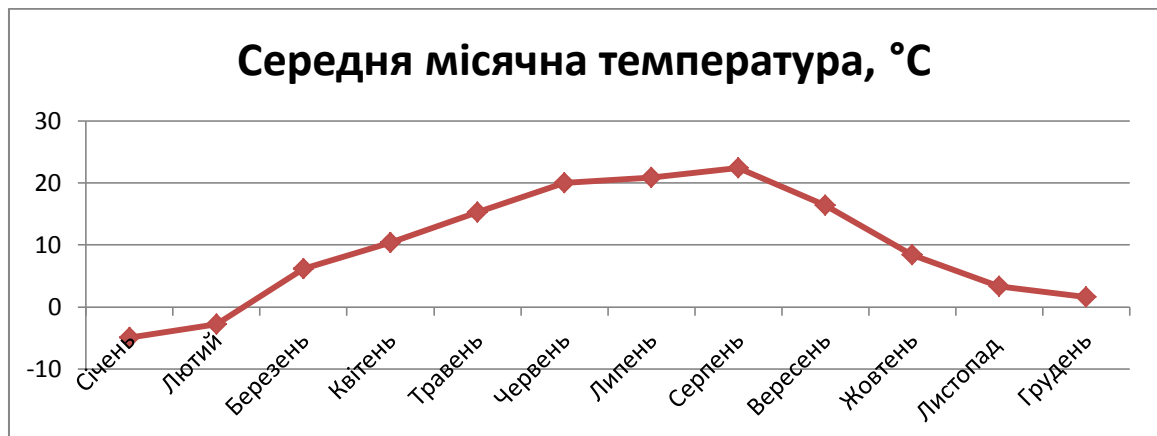


Рисунок 2.1 - Температура повітря річна

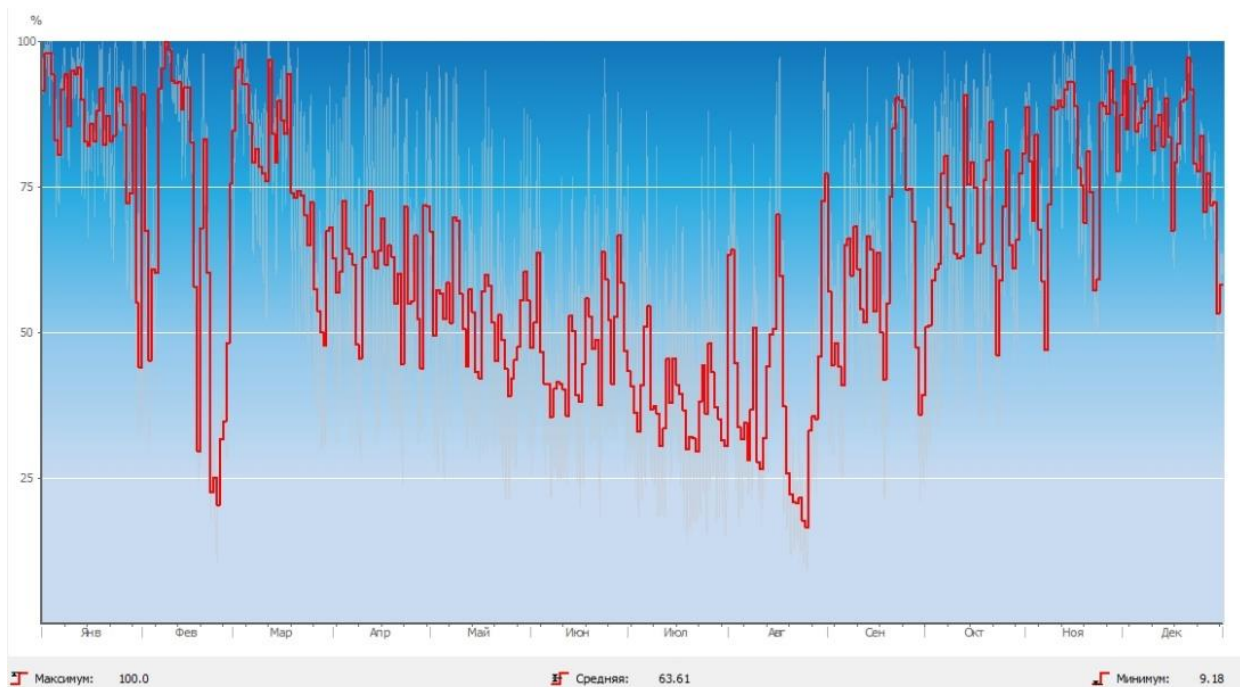


Рисунок 2.2 - Відносна вологість річна

У будівлі використовується припливно-витяжна система вентиляції.

На кожному поверсі організована вентиляційна камера, де розташоване все необхідне обладнання.

Теплопостачання комплексу здійснюється від дахової котельні, що розташовується на покрівлі. Розрахунковий температурний графік роботи котельні $90-70^{\circ}\text{C}$. Для теплопостачання комплексу передбачаються два приміщення теплового пункту. Таке рішення забезпечує розділення гідравлічних систем на дві зони по статичному тиску. В кожному тепловому пункті будуть розташовуватися насосні групи, вискоелективні теплообмінники та інше обладнання. Для кожної групи споживачів передбачаються вузли обліку теплової енергії.

Вентиляція офісних та громадських приміщень передбачена центральна механічна припливно-витяжна з подачею санітарної норми кількості повітря на людину. Вентиляційні установки розміщуються в поповерхових венткамерах, з встановленням одного вентиляційного агрегату на кожному поверсі. Установки передбачені з рекуперацією тепла, підігрівом та передохолодженням повітря. Забір та викид повітря організовано з фасаду споруд.

Джерело теплопостачання для агрегатів – вода із ІТП з графіком 80/60°C. Джерело холодопостачання – холодильна станція, холодоносії – вода з параметрами 7/12°C. Для паркінгів передбачено центральну механічну припливно-витяжну вентиляцію з подачею зовнішнього повітря для підтримання граничної концентрації СО. Вентиляційні установки розміщуються в венткамері. Установки передбачені з підігрівом повітря. Забір повітря організовано з фасаду будівлі, викид — вище покрівлі.

Охолодження офісного центру вирішується за допомогою системи «чиллер-фанкойл». Холодопостачання комплексу виконується від холодильного центру, розташованого на технічному поверху. Холодильні машини для потреб холодильного центру розташовуються на покрівлі. Охолоджена вода розподіляється по теплообмінникам вентиляційних установок та по фанкойлам в приміщеннях. Кондиціонування виконується за допомогою двотрубних фанкойлів. Для можливості одночасного охолодження та підігріву офісних приміщень (а також окремих зон на кожному поверсі) передбачається встановлення на кожному поверсі (в приміщенні венткамери) вузла підготовки теплохолодоносія. Цей вузол виконує функцію гідравлічного балансування системи теплохолодопостачання, вирішує питання розділення системи на дві гідравлічні зони по статичному тиску, а також дозволяє значно прискорити процес будівництва. До того ж, таке рішення буде значно дешевше, адже цей вузол – типовий виріб, який можна виробляти в заводських умовах.

Принципова схема опалення, вентиляції, кондиціонування тепло- та холодопостачання комплексу (рис. 2.3).

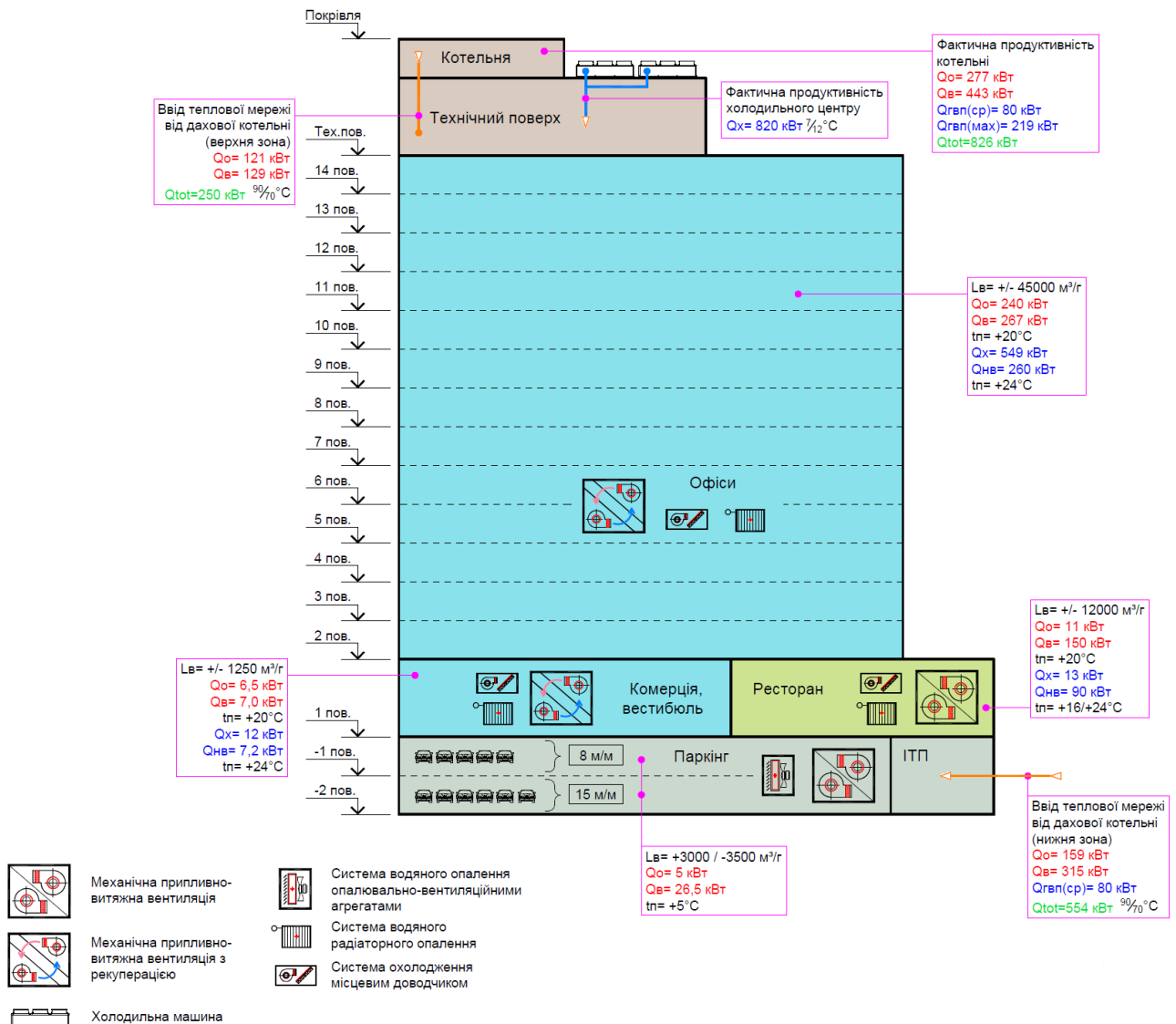


Рисунок 2.3 - Принципова схема

При визначенні повітрообміну приміщень кількість викидного та подавального зовнішнього повітря береться виходячи з розрахунків забезпечення заданої чистоти і підтримки газового складу повітря, а також підтримки температурно-вологісного режиму. Для забезпечення комфортних умов перебування людей в приміщенні і роботи технологічного обладнання, будівля побудована відповідно до українських та міжнародних норм і стандартів з оцінки та прогнозування мікроклімату і впливу його на людину .[28]

В якості кліматичних систем і повітророзподільних пристроїв застосовується обладнання вітчизняної фірми «Вентс», все обладнання та матеріали, що застосовуються - сертифіковані по встановленим вимогам України.

Система припливно-витяжної вентиляції і кондиціонування повітря передбачається на основі повітрообробного агрегату (центрального кондиціонера).

Роторний теплообмінник забезпечує передачу тепла від витяжного повітря до припливного. Привід обертає ротор через премінну передачу. У разі аварії система моніторингу подає сигнал зупинки обертання ротора, гігроськопічний теплообмінник утилізує як тепло так і вологу. Ефективність теплообмінника досягає до 80%. Водяний повітрянагрівач використовується після теплоутилізатора і забезпечує підтримання точної температури припливного повітря. Виготовляється з мідних трубок з алюмінієвими ребрами і має корпус з оцинкованого сталевих листа.

Агрегат комплектується кишеньковими фільтрами класу F5. Фільтр має низький аеродинамічний опір. Велика площа фільтрації забезпечує тривалий термін служби. Герметичність фільтра в настановній рами повітрооброблюючого агрегату відповідає стандарту EN 1886.

В агрегаті використовуються вентилятори безпосереднього приводу, дані вентилятори одностороннього всмоктування з відкритим нагнітальним отвором, розміщені в звукоізовованому корпусі повітрооброблюючого агрегату. Вентилятори безпосереднього приводу забезпечують оптимальні робочі характеристики: витрата повітря, рівень шуму і енергоефективність. Вентилятори змонтовані на рамі, встановлені на віброізоляторах відповідно до вимог мінімальної передачі вібрації корпусу повітрооброблюючого агрегату. Вентилятори застосовані з перетворювачами частоти для плавного регулювання швидкості і витрати повітря.

Корпус установки виготовлений з порожнистих замкнутих профілів і литих алюмінієвих куточків, панелі корпусу виготовлені з двох шарів листової сталі, захищеної від корозії алюцинковим покриттям AZ185 і мають клас корозійного захисту C4 за стандарту EN ISO 12944. Кліматичне обладнання встановлюється в спеціальній вентиляційній камері.

Використовуючи дані по споживанню електричної енергії за останній рік, а саме 2018, складаємо таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Річне споживання електричної енергії за типами споживачів

Електричні показники		
Інженерія	552 910	кВт
Освітлення	127 595	кВт
Інше	510 378	кВт
Всього	1 190 883	кВт

Для більш наглядної картини представимо у вигляді кругової діаграми за допомогою програми MS Excel (рис 2.4).



Рисунок 2,4 – Кругова діаграма споживання електричної енергії по типах споживачів

Аналізуючи таблицю 2,1 та кругову діаграму на рисунку 2,4, одразу можна поміти, що найбільше споживає електричної енергії в Інженерія та Інше. Інженерія включає технічне устаткування, яке забезпечує життєздатність офісного центру: вентиляційні установки, системи автоматизації, ліфтові машини та ін. До «Інше» входять такі споживачі як офісна техніка, робочі комп'ютери, місцеві обігрівачі, кухонна техніка та ін.

Таблиця 2.2 - Річне споживання електричної енергії в періоди року

Місяць	Енергоспоживання, кВт
Січень	155820
Лютий	177882
Березень	76995
Квітень	64324
Травень	59700
Червень	84900
Липень	76640
Серпень	107395
Вересень	77954
Жовтень	56670
Листопад	86763
Грудень	165840

Для наглядності представимо споживання електричної енергії у вигляді діаграми за допомогою програми MS Excel на рис. 2.5 .



Рисунок 2.5 – Діаграма енергоспоживання

Річні споживання є досить неоднорідним. Спостерігають піки у споживанні електричної енергії в зимовий та літній періоди, та провали у міжсезонні.

Це зумовлене тим, що у літні та зимові місяці вентиляційні установки працюють майже на повну потужність, оскільки є необхідність у підтриманні мікроклімату в офісних приміщеннях, тобто у літні місяці постійно працюють охолоджувачі повітря, а у зимові місяці – калорифери.

В силу того, що весною та восени температура на вулиці найбільше подібна до оптимальної, то більше відкриваються вікна для провітрювання і відповідно вентиляційна установка періодично вимикається.

2.2 Оцінка рівня енергоефективності вентиляційних установок

Енергоефективні пристрої — це такі системи подачі тепла, вентиляції, електроенергії, які можна налаштувати вмикатися при перебуванні людини в приміщенні та вимикатися за її відсутності. Термін «енергоефективність» використовується для опису як незначних змін, наприклад, використання енергозберігаючої техніки, так і більш ефективних електростанцій та економії енергії на рівні компаній та виробництв в цілому. Енергоефективність, зазвичай, пов'язана з цілим рядом підходів, що дозволяють нам жити і працювати в більш енергоефективних приміщеннях.[13][43]

Наприклад, для забезпечення комфорту мешканців будинку використовується енергія — здебільшого для обігріву та вентиляції повітря. Будівля, яка споживає менше енергії для забезпечення умов більшого комфорту є більш енергоефективною. [43]

Досліджувана будівля має з 2 по 14 поверх офісні приміщення типу «open space». Всі поверхи є типовими, відрізняються лише кількістю людей, які там працюють. Тому є деякі поверхи, де встановлено однокові вентиляційні установки, дані зведені в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 - Поповерхові припливні установки

Поверх	Установка
2-3	ПВ 4- ПВ5
4-10	ПВ6- ПВ12
11-12	ПВ13- ПВ14

Насправді тема підвищення енергоефективності не нова. Значна кількість міжнародних проектів, які підтримуються Європейською комісією, Програмами Tacis, Thermie, USAID та іншими організаціями, починаючи ще з 90-х років надали для енергоефективності відомість. Багато хто в економічно розвинених країнах вже знають та розглядають енергоефективність, економію енергоресурсів і скорочення викидів як очевидну умову конкурентоспроможності компаній і наявності доступного та чистого джерела енергозабезпечення у майбутньому. Загальновідомо, що підвищення енергоефективності дозволяє країнам долати тиск, який на них чинить залежність від енергоресурсів, вирішувати питання ненадійності енергопостачання, нерівності, високих цін і рахунків за енергоресурси, а також екологічної шкоди і збитків здоров'ю. Власники підприємств і менеджери також розуміють, що енергоефективність — це ключ до конкурентоспроможності компанії на відкритому ринку.[26]

На сьогодні ефективне використання енергоресурсів є найбільш важливим і економічно доцільним, але в той же час, найменш використовуваним і найменш зрозумілим способом підвищення як рівня життя кожного, так і життя в умовах збереження довкілля. Погано дослідженими і задіяними принципи енергоефективності є в напрямі підвищення прибутковості підприємств. Використання принципів енергоефективності означає робити більше при менших витратах енергії. [26][27]

В контексті зростання міжнародної стурбованості проблемами ресурсозбереження та захисту довкілля (зокрема, парниковими викидами), сертифікація дозволяє зробити оптимальний вибір продукту та його комплектації.

Участь кліматичної індустрії Європи в контролі енергетичної ефективності призвело до створення добровільних програм сертифікації, які розроблені, керуються і розвиваються компанією Eurovent протягом багатьох років. Ці програми продемонстрували свої можливості та корисність для користувачів. Порівняння характеристик обладнання в результаті тестування незалежними організаціями ґрунтується на чітко визначених процедурах і забезпечує здорову і серйозну конкуренцію на ринку, який відкритий для всіх виробників.[8]

Сертифікація Eurovent - відмінний інструмент вибору обладнання з найкращими характеристиками.[43]

Для кінцевого споживача: сертифікат підтверджує, що вибраний продукт відповідає всім заявленим параметрам. Це дозволяє точно оцінити вартість життєвого циклу виробу і вибрати найбільш ефективний спосіб вкладення грошей.

Для вентиляційних установок ключовими показниками ефективності є коефіцієнт корисної дії, швидкість руху повітря через теплообмінник та втрати тиску.

Коефіцієнт корисної дії (к.к.д.), показник ефективності дії механізму, який визначається як відношення роботи, яку здійснюють механізмом, до роботи, витраченої на його функціонування. К.к.д. зазвичай виражають у відсотках. Ідеальний механізм мав би мати $\text{к.к.д.} = 100\%$. Однак у всіх механічних системах мають місце втрати енергії, наприклад, що викликаються тертям рухомих частин. Витрати роботи ніколи не рівні результату, і тому к.к.д. завжди менше 100% (хоча, наприклад, у трансформаторів та інших електричних пристроїв, у яких немає рухомих частин, к.к.д. буває досить високим). Для найпростіших механізмів к.к.д. можна обчислювати, розділивши відношення сил (механічний виграш) на ставлення відстаней (відношення швидкостей).[44]

Швидкість повітря в вентиляційній установці та швидкість, якою повітря проходить через теплообмінник є дуже важливими. Оскільки існують певні норми, які регламентують ці параметри. Якщо буде велика швидкість в установці, то відповідно ця швидкість піде і в повітропроводі. В повітропроводах на магістральних ділянках повинно бути не більше 6 м/с. Саме за цієї швидкості не

створюється надлишковий шум та вібрація всієї системи. Надлишковий шум та вібрація провокують некомфортні умови для постійної роботи у приміщенні. Швидкість повітря на теплообміннику повинна бути 1,4- 2,2 м/с (табл. 2), що забезпечить правильність та високу ефективність роботи всієї системи. Саме для ефективного теплообміну, який відбувається під час нагрівання повітря гарячими мідними трубами, по яких протікає теплоносій, в даному випадку це вода, необхідна така швидкість.[30][28]

Ще одним визначиним параметром оцінки ріння енергоефективності припливно-втяжної установки є втрати тиску на теплообміннику. Напір повітря в установці створюється за допомогою вентилятора.

Необхідний тиск, який потрібно створити в системі залежить від довжини повітропроводів, які задіяні та діаметру.

Для визначення втрат тиску на окремих ділянках повітропроводу використовується загальна залежність[34]:

$$\Delta p = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \xi \right) \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2}, \quad (2.1)$$

де λ - лінійний коефіцієнт тертя;

l - довжина ділянки, [м];

d - діаметр повітропроводу, [м];

ξ - коефіцієнт місцевого опору;

ρ - густина повітря, [кг/м³];

ω - швидкість повітря в повітропроводі, [м/с].

Було проведено обстеження вентиляційних уставок та встановлення їхньої відповідності до європейських норм. В результаті чого можна зробити висновок, що всі припливні установки не відповідають нормам. Згідно вимог Eurovent [8] все устаткування має клас енергоефективності E (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 - Клас енергоефективності вентиляційного обладнання.

Energy Efficiency Class	All units	Unit for outdoor air temperature $\leq 9^{\circ}\text{C}$ (winter)	
	Air velocity	Heat recovery system	
	v_{class} [m/s]	η_{class} [%]	Δp_{class} [Pa]
A+ / A+C / A+T	1,4	83	250
A / A _C / A _T	1,6	78	230
B / B _C / B _T	1,8	73 ¹¹⁰	210
C / C _C / C _T	2,0	68 ¹¹¹	190
D / D _C / D _T	2,2	63 ¹¹²	170
E / E _C / E _T	No calculation required		
Установка	v , м/с	η , %	ΔP , Па
ПВ 4-5	2,9	58,4	37
ПВ 6-12	3,9	58,7	129
ПВ 13-14	3,2	56	66

2.3 Виконання теплотехнічного розрахунку теплових притоків офісної будівлі.

Теплопритоки - це теплова енергія, яка потрапляє в приміщення від різних внутрішніх і зовнішніх джерел. Мета розрахунку теплопритоків - правильний підбір обладнання і його технічних характеристик для систем мікроклімату: вентиляції, кондиціонування повітря і опалення (рис. 2.6).[16]

Для визначення теплоприпливів через огороження в приміщення різних за призначенням і архітектурно-будівельним характеристикам об'єктів практично використовують різні, переважно стаціонарні, методи розрахунку. В реальності відсутні об'єкти, теплоприпливів які носять повністю стаціонарний характер. Це обумовлено зміною зовнішньої температури повітря і нестаціонарним режимом функціонування об'єкта. Найбільш яскраво виражений нестаціонарний характер теплопритоків протягом добового циклу в приміщення громадських будівель і споруд. Тому для великих громадських будівель: театрів, ресторанів і т.п. вибір

холодопродуктивності систем кондиціонування за сумою усіх видів максимальних теплопритоків без урахування їх нестаціонарності протягом добового циклу може призвести до необґрунтованого її завищення, а значить до збільшення капітальних і згодом експлуатаційних витрат на систему кондиціонування. . [47]

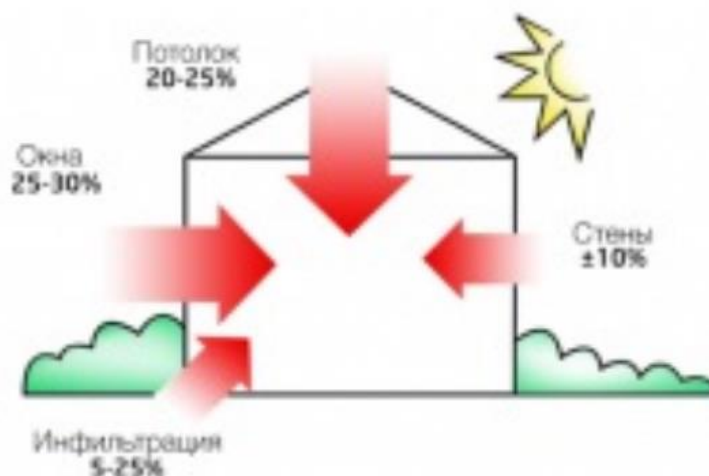


Рисунок. 2.6- Теплопритоки в літній період

При виборі будь-якого обладнання системи опалення, вентиляції, кондиціонування дуже важливо правильно виконати розрахунок теплопритоків приміщення. Адже від цього залежить не тільки його мікроклімат. Облік інтенсивних теплопритоків приміщення при розрахунку системи опалення, наприклад, допоможе заощадити на опалювальному обладнанні і енергоносіях, а їх недооцінка при розрахунку системи вентиляції і, особливо кондиціонування, може привести до підвищеного зносу і зменшення ресурсу роботи обладнання.[46]

Розрахунок теплопритоків приміщення можна здійснювати різними способами, - існує кілька методик. Одні більш докладні, і користуються ними частіше при розрахунку систем вентиляції і кондиціонування промислових будівель, іншими, - дуже спрощеними методиками розрахунку теплопритоків, користуються менеджери при продажах кондиціонерів. Для довговічної надійної роботи кондиціонера важливо, щоб його холодопродуктивність була трохи більшою ніж величина реальних теплопритоків приміщення.[46] В першу чергу, враховують зовнішні тепlopоступления. Це, сонячна радіація, яка проникає через віконні прорізи.

Для будівель з виділенням надлишкового тепла кількість припливного повітря визначається із умови асиміляції цього тепла (формула 2,2):

$$L = \frac{Q_{над}}{c(t_{вн} - t_{зов})\rho_{пов}}, \quad (2.2)$$

де L – кількість припливного повітря за одиницю часу, яке необхідно ввести в приміщення для поглинання надлишкового тепла, $м^3/год$; [47]

c - масова питома теплоємність повітря при постійному тиску, причому $c = 1 \frac{кДж}{кг \cdot K} = 0,239 \frac{ккал}{кг \cdot K}$;

$\rho_{пов}$ – густина зовнішнього (припливного) повітря, $кг/м^3$;

$t_{вн}$ і $t_{зовн}$ -температура відповідно внутрішнього і зовнішнього повітря, $^{\circ}C$, причому температура припливного повітря приймається на $5 - 10^{\circ}C$ нижчою, ніж температура повітря в приміщенні;

$Q_{надл}$ – надлишкове тепло, яке визначається різницею тепла, що надходить в приміщення ($Q_{надх}$) та втратами тепла з приміщення ($Q_{відх}$), $ккал/год$ визначається за формулою 2,3:

$$Q_{надл} = Q_{надх} - Q_{відх}, \quad (2.3)$$

де $Q_{надх}$ визначається за формулою 2,4:

$$Q_{надх} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4. \quad (2.4)$$

Q_1 – надходження тепла від техніки, $ккал/год$, причому визначається за формулою 2,5:

$$Q_1 = 860 \cdot k \cdot N_1 \cdot n, \quad (2.5)$$

де 860 – тепловий еквівалент, $ккал/кВт$;

k – коефіцієнт втрат;

N_1 – потужність техніки;

n – кількість одиниць техніки.

Q_2 – надходження тепла від світильників, $ккал/год$, причому визначається за формулою 2,6:

$$Q_2 = 860 \cdot k \cdot N_2 \cdot n, \quad (2.6)$$

де 860 – тепловий еквівалент, ккал/кВт ;

k – коефіцієнт втрат ($k = 0,9$ для потужних ламп розжарювання, $0,95$ – для ламп розжарювання малої та середньої потужності, $0,4 - 0,6$ – для люмінісцентних ламп);

n – кількість світильників[47][7];

N_2 – споживана потужність світильників, кВт , причому визначається за формулою 2,7:

$$N_2 = p_n \cdot S, \quad (2.7)$$

де p_n – питома потужність освітлення, Вт/м^2 ;

S – площа приміщення, м^2 .

Q_3 – надходження тепла від людей, ккал/год , причому визначається за формулою 2,8:

$$Q_3 = 860 \cdot n \cdot q_{\text{люд}}, \quad (2.8)$$

де 860 – тепловий еквівалент, ккал/кВт ;

n – кількість працюючих;

$q_{\text{люд}}$ – надходження тепла від однієї людини.[28]

Q_4 – надходження тепла від сонячної радіації через вікна, ккал/год , причому визначається за формулою 2,9:

$$Q_4 = k \cdot n \cdot S \cdot q_{\text{скл}}, \quad (2.9)$$

де n – число вікон;

S – площа одного вікна, м^2 ;

k – коефіцієнт, який враховує матеріал віконного переплетення;

$q_{\text{скл}}$ – надходження тепла через 1 м^2 вікна при різній орієнтації вікон відносно сторін світу.

$Q_{\text{відх}}$ – втрати тепла з приміщення через стіни, двері, вікна, ккал/год , причому визначається за формулою 2,10:

$$Q_{\text{відх}} = \frac{\lambda \cdot S \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зов}})}{\delta}, \quad (2.10)$$

де λ – теплопровідність стін, $\text{ккал}/(\text{год} \cdot \text{град} \cdot \text{м})$;

δ – товщина стін, м ;

S – площа стін, м^2 , причому визначається за формулою 2,11:

$$S = a \cdot b + 2h \cdot (a + b), \quad (2.11)$$

де a, b, h – параметри приміщення, м .

Під час виділення у приміщенні надлишкової вологи кількість припливного повітря визначають за формулою 2,12:

$$L = \frac{\sum m}{\rho_{\text{пов}} \cdot (d_{\text{вн}} - d_{\text{зовн}})}, \quad (2.12)$$

де L – об'єм повітря, необхідний для зниження відносної вологості до вимог ГОСТ 12.1.005-88 та ДСН 3.3.6.042-99, $\text{м}^3/\text{год}$; [28]

$\sum m$ – сумарна кількість надлишкової вологи в приміщенні, $\text{г}/\text{год}$, причому визначається за формулою 2,13:

$$\sum m = n \cdot W, \quad (2.13)$$

n – кількість працюючих;

W – кількість вологи, яку виділяє організм людини протягом години, $\text{г}/\text{год}$;

ρ – густина повітря при температурі приміщення, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$d_{\text{вн}}, d_{\text{зовн}}$ – вміст вологи відповідно у внутрішньому та зовнішньому повітрі при заданій температурі (абсолютна вологість) у грамах на 1 кг сухого повітря $\text{г}/\text{кг}$, причому визначаються за формулою 2,14 та 2,15 відповідно:

$$d_{\text{вн}} = \frac{\phi_{\text{вн}} \cdot p_{\text{нас}}}{100\%}, \quad (2.14)$$

$$d_{\text{зовн}} = \frac{\phi_{\text{зовн}} \cdot p_{\text{нас}}}{100\%}, \quad (2.15)$$

де $\phi_{\text{вн}}$ і $\phi_{\text{зовн}}$ – відносна вологість відповідно внутрішнього та зовнішнього повітря, %;

$p_{\text{нас}}$ (або $d_{\text{макс}}$) – максимальний вміст вологи у повітрі при заданій температурі, $\text{г}/\text{кг}$ [28].

Розрахунок теплопритоків розраховується за допомогою комп'ютерної програми «Северный ветер» (рис. 2.7).

The screenshot shows the 'Северный ВЕТЕР' software interface. The main window has a menu bar with 'Файл', 'Опции', and 'Помощь'. Below the menu is the website 'www.amen.da.ru'. The interface is divided into several sections for inputting data:

- Исходные данные:** Includes fields for 'Название объекта', 'Исполнитель', 'Помещение' (with sub-fields for 'Номер', 'Площадь', 'Высота', 'Темп. внутренняя', 'Темп. наружная'), 'Кол. людей', 'м2 на 1 чел.', 'Объем помещения', 'Δt', 'м3 на 1 человека', 'Объем воздуха', and 'Выбор помещений'.
- РЕЗУЛЬТАТ:** A table for results with columns: 'Площадь', 'Ширина', 'Высота', 'Коеф.1', 'Коеф.2', 'Колл.', 'qуд', 'Широта'.
- Таблица отчета:** A table for the report with columns: 'Площадь', 'Длина', 'Высота', 'R', 'K', 'Коеф.'.
- Покрывтие:** Fields for 'Теплонагрузка' and 'Площадь покрытия'.

Buttons at the bottom include 'Печать' and 'Save to RTF'.

Рисунок 2.7. Робочий інтерфейс програми «Северный ветер»

Ввіви всі необхідні параметри отримали результат розрахунку(рис. 2.8).

The screenshot shows the 'Северный ВЕТЕР' software interface with the 'РЕЗУЛЬТАТ' tab selected. The results are displayed in a table with the following columns: Номер, Fном, Hном, Vном, tвн, tнар, Nчел, Qлюд, Qосв, Qкомп, Qдр, Qокон, Qстен, Qпокр, Lна, Qх.

Номер	Fном	Hном	Vном	tвн	tнар	Nчел	Qлюд	Qосв	Qкомп	Qдр	Qокон	Qстен	Qпокр	Lна	Qх
4	531	3,2	1699,2	22	-22	89	13083	6372	22250	0	6659	-8280	0	3600	41705
4	531	3,2	1699,2	22	-22	89	13083	6372	22250	0	4937	-8280	0	3600	41705
12	450	3,2	1440,0	22	+35	75	11025	5400	18750	0	5262	602	0	3050	35639
13	266	3,2	851,2	22	-22	45	6615	3192	11250	0	6009	-4899	0	2700	21057
13	266	3,2	851,2	24	-22	45	6615	3192	11250	0	6009	-5121	0	1850	21057
11	450	3,2	1440,0	24	-22	75	10875	5400	18750	0	6219	-4641	0	4500	35025
14	282	3,2	902,4	22	35	47	6909	3384	11750	0	10466	-443	0	1900	28682
4	531	3,2	1699,2	22	-22	89	13083	6372	22250	0	4937	0	0	4200	41705
4	531	3,2	1699,2	22	+35	89	13083	6372	22250	0	6430	708	0	3600	42471
2	590	3,2	1888,0	22	+35	99	14553	7080	24750	0	3086	1322	0	4000	46383
11	450	3,2	1440,0	24	+35	75	10875	5400	18750	0	6219	580	0	3050	36424
13	450	3,2	1440,0	22	+35	75	11025	5400	18750	0	5262	602	0	3050	35639
14	282	3,2	902,4	22	+35	47	6909	3384	11750	0	5262	602	0	1900	24523
13	266	3,2	851,2	22	+35	45	6615	3192	11250	0	5262	602	0	1850	23729
12	450	3,2	1440,0	22	+35	75	11025	5400	18750	0	5262	602	0	3050	35639
14	282	3,2	902,4	22	35	47	6909	3384	11750	0	10466	-443	0	1900	28682
14-1	282	3,2	902,4	22	+35	47	6909	3384	11750	0	7472	0	0	25970	

Buttons at the bottom include 'Печать' and 'Save to RTF'.

Рисунок 2.8 - Результаты розрахунків в програмі «Северный ветер»

Результаты розрахунку для наглядності зведено в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Результати розрахунку теплопритоків

Но мер	F _{пом}	Н пом	V пом	t _в н	T на р	Н _{че} л	Q _{лю} д	Q _{ос} в	Q _{ком} п	Q _д р	Q _{око} н	Q _{сте} н	Q пок р	L _н в	Q _х	Q _{общ}
2	590	3,2	1888	22	35	99	14553	7080	24750	0	3086	1322	0	4000	4638 3	46383
3	590	3,2	1888	22	35	99	14553	7080	24750	0	3086	1322	0	4000	4638 3	46383
4	531	3,2	1699, 2	22	35	89	13083	6372	22250	0	6430	708	0	3600	4247 1	42471
5	531	3,2	1699, 2	22	35	89	13083	6372	22250	0	6430	708	0	3600	4247 1	42471
6	531	3,2	1699, 2	22	35	89	13083	6372	22250	0	6430	708	0	3600	4247 1	42471
7	531	3,2	1699, 2	22	35	89	13083	6372	22250	0	6430	708	0	3600	4247 1	42471
8	531	3,2	1699, 2	22	35	89	13083	6372	22250	0	6430	708	0	3600	4247 1	42471
9	531	3,2	1699, 2	22	35	89	13083	6372	22250	0	6430	708	0	3600	4247 1	42471
10	531	3,2	1699, 2	22	35	89	13083	6372	22250	0	6430	708	0	3600	4247 1	42471
11	450	3,2	1440	22	35	75	10875	5400	18750	0	6219	580	0	3050	3642 4	36424
12	450	3,2	1440	22	35	75	11025	5400	18750	0	5262	602	0	3050	3563 9	35639
13	266	3,2	851,2	22	35	45	6615	3192	11250	0	5262	602	0	1850	2372 9	23729
14	282	3,2	902,4	22	35	47	6909	3384	11750	0	7472	0	0	1900	2613 1	26131
																51198 6

За результатами розрахунків помітно, що найбільші теплопритоки на 2 та 3 поверхах, це пов'язано з тим, що там найбільша робоча площа та найвища висота, відподно і площа огорожувальних конструкцій більша. На 13 та 14 поверхах теплопритоки є найменшими.

Загальна кількість надлишково тепла у літній період становить 511986 кВт.

2.4 Розрахунок теплових втрат офісної будівлі.

Для визначення теплової потужності, що покриває максимальне навантаження на систему опалення, необхідно знати тепловтрати будівлі в найсуворішу розрахункову частину холодного періоду року. Для вирішення питання про відповідність рівня теплоспоживання системою опалення будівлі сучасним

вимогам, особливо з огляду на проблему енергозбереження, необхідно визначити тепловтрати будівлі за весь опалювальний період.[16]

Тепловтрати можна розрахувати не знаючи теплозахисних якостей огорож, коефіцієнтів теплообміну на поверхнях, розрахункових зовнішніх і внутрішніх умов. Тому в роботі досить велике місце приділено цим характеристикам.

Крім того, з багатьох питань наведені обґрунтування загальновідомих рекомендацій і вказані їх автори. Разом з тим представлений матеріал не претендує на всеохопне виклад супутніх питань.[16]

Існують різні підходи до вибору розрахункових значень коефіцієнтів теплопровідності будівельних матеріалів. При цьому ретельність у виборі значення даного коефіцієнта вкрай важлива, беручи до уваги той факт, що виробники теплоізоляції часто призводять в рекламних матеріалах теплопровідність ні до експлуатаційних умовах, а в сухому стані. Необхідно також правильно оцінювати значення коефіцієнтів теплообміну на поверхнях огорожень, особливо коефіцієнта тепловіддачі на внутрішній поверхні, т. к. при підвищеному його значенні буде завищена і розрахункова температура на внутрішній поверхні, наприклад, вікна. При визначенні тепловтрат будівлі важлива правильна оцінка коефіцієнтів теплопередачі огорожувальних конструкцій. У книзі розглядаються розпорядчий і споживчий підходи до визначення необхідного опору теплопередачі огорож, звернуто увагу на можливість зниження приведенного опору теплопередачі зовнішніх огорожень у порівнянні зі значенням, нормованим розпорядчим підходом, при виконанні вимог споживчого.[23]

Наведені значення коефіцієнтів теплотехнічної однорідності ряду конструкцій зовнішніх стін з стрижневими зв'язками, вузькі всередині вікон, а також коефіцієнти теплотехнічної однорідності перекриттів над неопалюваними підвалами та коефіцієнти для обліку проходу різного роду шахт через горищні перекриття і бесчердачніє покриття будівель.

Представлені правила розрахунку трансмісійних тепловтрат будівлі і потреби в теплоті на нагрівання інфільтраційного повітря.

При розрахунку систем опалення для будь-яких приміщень основною метою є визначення тепловтрат. Тепловтрати - це тепло, яке безцільно йде за межі будівлі. Сумарні тепловтрати складаються з основних і додаткових. Основні теплові втрати визначають шляхом підсумовування витоків теплоти через огорожувальні конструкції приміщення. Додаткові ж залежать від орієнтації огорожувальних конструкцій по сторонах світу, а також від розташування цеху на відкритій місцевості, швидкості вітру в даному географічному районі.[16][7]

Розрахунок тепловтрат приміщення через огорожувальні конструкції здійснюється за формулою 2,16:

$$Q = A \cdot K \cdot (t_{\Pi} - t_3) \cdot n \cdot (1 + \sum B), \quad (2.16)$$

де Q – додаткові та основні тепловтрати, Вт;

A – розрахункова площа огорожувальних конструкцій, м^2 ;

K – коефіцієнт теплопередачі окремого огороження, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

t_{Π} – температура приміщення, $^\circ\text{C}$;

t_3 – температура зовнішнього повітря для холодного періоду року, $^\circ\text{C}$;

B – додаткові втрати теплоти в долях від основних втрат, Вт;

n – коефіцієнт обліку положення зовнішньої поверхні огороження по відношенню до зовнішнього повітря.

Коефіцієнт K визначається за формулою 2,17:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (2.17)$$

де α_1 – коефіцієнт тепловіддачі зі сторони вулиці, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі зі сторони приміщення, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

$\delta_{\text{ст}}$ – товщина огорожувальної конструкції, м;

$\lambda_{\text{ст}}$ – теплопровідність огорожувальної конструкції.[23]

Визначаємо коефіцієнт α за формулою 2,18:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda_{\text{пов}}}{l}, \quad (2.18)$$

де Nu – число Нуссельта;

$\lambda_{\text{пов}}$ – теплопровідність повітря;

l – довжина характерної ділянки, м.

Число Нуссельта — характеристичне число і критерій подібності теплових процесів, що характеризує співвідношення густини дійсного теплового потоку до такого, який би мав місце в умовах чистої теплопровідності через шар рідини [34]. Характеризує інтенсивність переходу теплоти (теплопередачі) на границі потік-стінка для стаціонарних процесів конвекційного теплообміну в однофазній нестисливій рідині з постійними (окрім густини) фізичними властивостями, визначимо за формулою 2,19:

$$Nu = 0,008 \cdot Re^{0.9} \cdot Pr^{0.43}, \quad (2,19)$$

Де Re – критерій Рейнольдса;

Pr – критерій Прандтля;

Критерій Рейнольдса задається формулою 2,20:

$$Re = \frac{w \cdot l}{\nu}, \quad (2,20)$$

де ν – швидкість, м/с;

Знаходження тепловтрат в віконні заповнення знаходяться за формулою . Для розрахунків необхідно знати наступні параметри: кількість камер і палітурок, наявність покриття і заповнення газом.[16]

При розрахунку заповнення дверних прорізів необхідно враховувати добавку на врівнювання холодного повітря через зовнішні двері, не обладнані повітряними або повітряно-тепловими завісами, при відкриванні їх на короткі періоди часу. Ця добавка відноситься до тепловтрат дверей і враховує потребу у витраті тепла на підігрів вливається через відкриті двері зовнішнього повітря.

Перераховані добавки не враховуються, якщо двері є літніми або запасними тобто не відчиняються постійно.[16]

У промислових будівлях врівнювання холодного повітря через ворота при відкриванні їх в цілому не більше ніж на 15 хв в зміну враховується тим, що тепловтрати через ворота потроюються. При великому часу відкриття воріт врівнювання холодного повітря має локалізуватися шляхом влаштування спеціальних повітряних завіс або тамбурів.

Інфільтрація повітря через огорожувальні конструкції

Інфільтрація - це переміщення повітря через огорожувальні конструкції з навколишнього середовища в приміщення за рахунок вітрового і теплового напорів, що формуються різницею температур і перепадом тиску повітря зовні і всередині приміщень.[22]

Вона відбувається через невеликі щілини в дверних і віконних рамах. Повітря надходить в приміщення також з неопалюваних частин будівлі - горищ, підвалів і так далі. Він проникає через отвори в стінах, підлогах і стелях, таких як тріщини в місцях сполучення двох стін або стіни і стелі. Інфільтрація - це не що інше, як проникнення повітря з вулиці в приміщення крізь огорожувальні конструкції. Зрозуміло, що таке можливо, якщо ці конструкції мають щілини і інші нещільності. Зазвичай повітря проникає крізь нещільні вікна та двері.

Інфільтрація має і позитивну сторону і негативну. З одного боку, завдяки їй в будинок поступає свіже повітря. З іншого - збільшується навантаження на систему опалення взимку і на систему охолодження влітку.[22]

Для визначення кількості фільтруючого повітря через вікна і стіни необхідно знайти різницю тисків повітря на зовнішній і внутрішній стороні захисної конструкції, визначимо за формулою 2,21:

$$\Delta P = (H - h_i) \cdot (\rho_n - \rho_v) \cdot g + 0.5 \cdot \rho_n \cdot v_n^2 \cdot (c_n - c_3) \cdot k - P_0, \quad (2,21)$$

де H – висота будівлі, м;

h_i – висота розрахункової конструкції від рівня землі, м;

ρ_n – густина зовнішнього повітря, визначається за формулою 2,22;

$$\rho_{\text{н}} = \frac{353}{273+t_{\text{н}}}, \quad (2,22)$$

$\rho_{\text{в}}$ – густина внутрішнього повітря, визначається за формулою 2,23;

$$\rho_{\text{в}} = \frac{353}{273+t_{\text{в}}}, \quad (2,24)$$

де g – швидкість вільного падіння, м/с;

$c_{\text{н}}, c_{\text{з}}$ – аеродинамічні коефіцієнти, 0,8 та 0,6 – відповідно;

P_0 – умовно сталий тиск повітря, який розраховується за формулою 2,24:

$$P_0 = 0,5 \cdot H \cdot g \cdot (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{в}}) + 0,25 \cdot \rho_{\text{н}} \cdot v_{\text{н}}^2 \cdot (c_{\text{н}} - c_{\text{з}}) \cdot k, \quad (2,24)$$

Розрахунок інфільтраційного повітря через огорожувальні конструкції знаходиться за формулою 2,25:

$$G = 0,216 \cdot \frac{\Delta P^{\frac{2}{3}}}{R_u} \cdot A, \quad (2,25)$$

де R_u – опір повітропроникнення, який знаходиться за формулою 2,26:

$$R_u = \frac{1}{G_n} \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (2,26)$$

де Δp – різниця тисків повітря на зовнішній та внутрішній поверхні огорожувальних конструкцій; [29][37]

Δp_0 – 10 Па- різниця тисків повітря на зовнішній та внутрішній поверхнях світлопрозорих огорожувальних конструкціях, при якій експериментально визначається опір повітропроникності конструкцій вибраного типу;

G_n – поперечна повітропроникність [7].

Всі розрахунки проводились в комп'ютерній програмі Audytor OZC (рис.10).

Audytor OZC - це справжня революція в теплових розрахунках будівель. Для введення конструкції будівлі в графічному режимі буде потрібно значно менше часу, ніж для введення інформації в таблиці. Головні переваги програми полягають в її підвищеній функціональності. Програма оснащена рядом корисних функцій в тому числі функцією автоматичної вставки підлоги, дахів і зон приміщень, а також функціями, які полегшують зв'язування будівельних огорож. Програма дає можливість виконувати автоматичний розрахунок обсягу приміщенні, навіть зі складною формою, наприклад, розташованих на горищі. [46]

Програма дозволяє:

- виконати розрахунок коефіцієнтів теплопередачі U для стін, підлог, покрівель і суміщених покриттів, а також огорож з неоднорідною структурою;
- створювати графіки розподілу температур і парціального тиску водяної пари в огорожах;
- виконувати розрахунок проектної теплового навантаження для окремо взятих приміщень, квартир, зон, а також всієї будівлі відповідно до старої і нової нормам;
- автоматично перераховувати тепловтрати приміщень і всієї будівлі в разі зміни конструкції (ізоляційної здатності) будівельних огорож;
- виконувати теплові розрахунки будівель, оснащених різними вентиляційними системами (разом з системами рекуперації та рециркуляції повітря);
- за бажанням проектувальника здійснювати попередній підбір розмірів опалювальних приладів по приміщеннях.[46]

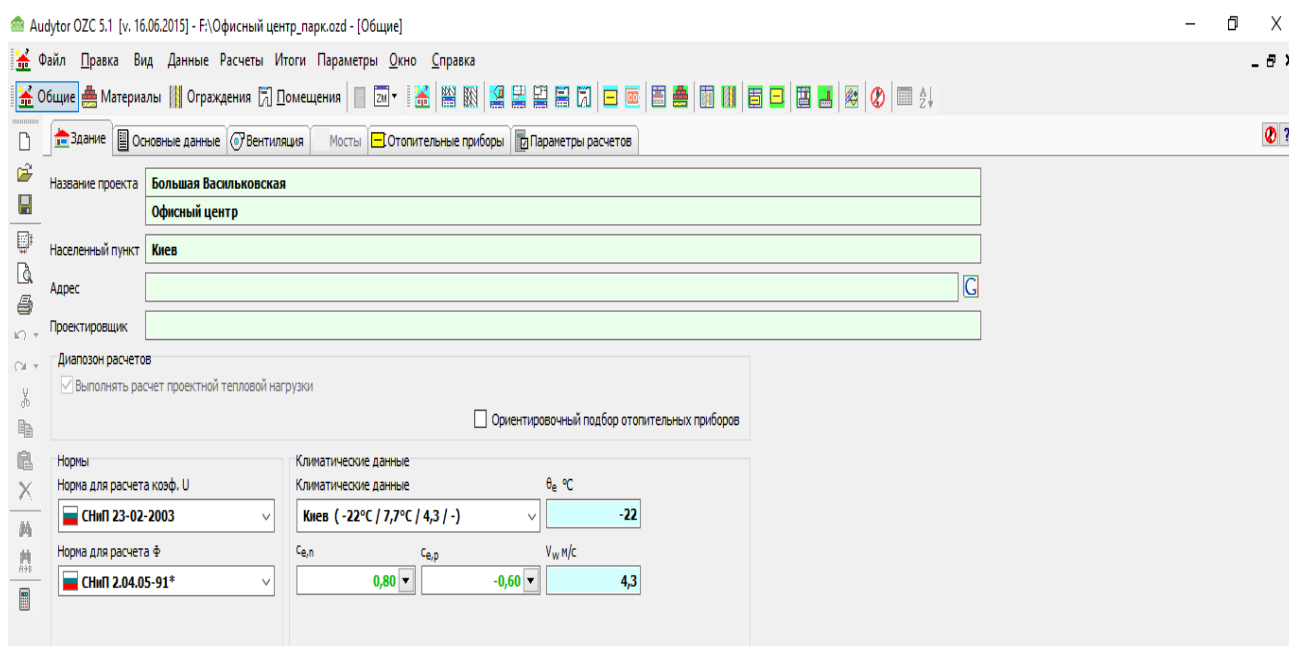


Рисунок 2.9 – Интерфейс запуска программы Audytor OZC 5.1

Розрахунок в програмі правдиться по кожному приміщенню окремо (рис. 2.10), в результаті чого отримуємо детальну інформацію про тепловтрати по кожному приміщенню.

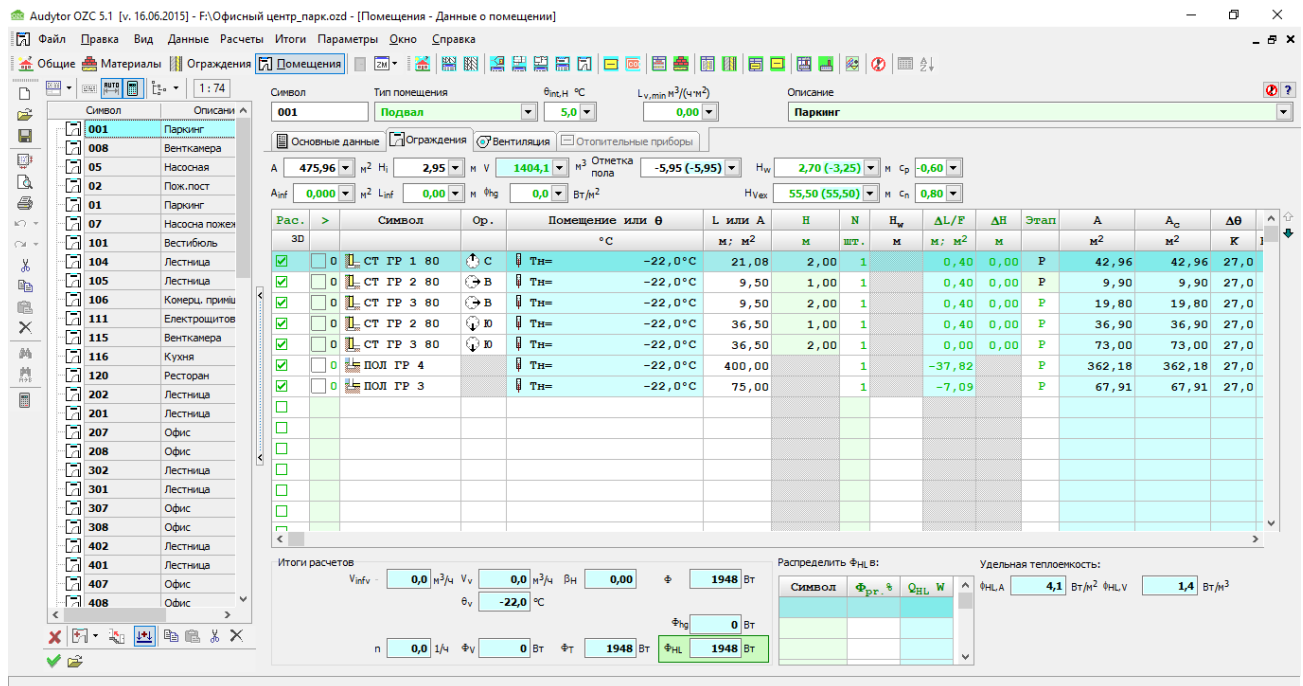


Рисунок 2.10 - Робочий інтерфейс програми Audytor OZC 5.1

По закінченню розрахунку отримали такі результати Додаток В, табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Основні результати розрахунку тепловтрат офісної будівлі.

Результати розрахунку		
Опалювальна площа будівлі	9000,5	м ²
Опалювальний об'єм будівлі	31173,0	м ³
Проектні втрати тепла за рахунок теплопередачі	205287	Вт
Проектні втратитепла нп вентиляцію	44909	Вт
Проектне теплове навантаження будівлі	286454	Вт

У вкладці «Відомість огорожень» (рис.2.11) знаходяться дані по всіх огорожувальних конструкціях, а також їхні параметри.

Audytur OZC 5.1 [v. 16.06.2015] - F:\Офисный центр_парк.ozd - [Итоги - Ведомость ограждений]

Файл Правка Вид Данные Расчеты Итоги Параметры Окно Справка

Общие Материалы Ограждения Помещения

Символ	Вид	Влажностный режим	d	R _i	R _e	R	U	Φ _т	A
			м	м ² ·К/Вт	м ² ·К/Вт	м ² ·К/Вт	Вт/м ² ·К	Вт	м ²
1 СТ. КИРП	Стена наружная	Нормальный	1,101	0,115	0,040	2,600	0,385	8451	463,95
БЛ	Окно наружное	Нормальный					1,667	499	6,20
ДВ	Дверь наружная	Нормальный					2,270	11483	123,35
КРОВ	Кровля	Нормальный	0,360	0,125	0,044	3,913	0,256	7007	672,53
КРОВ_ПАРК	Кровля	Нормальный	0,600	0,125	0,044	1,095	0,913		
ОК	Окно наружное	Нормальный					1,667	122031	1569,83
ПОЛ	Отдача тепла от перекрытия вниз	Нормальный	0,430	0,115	0,115	3,388	0,295	1386	464,25
ПОЛ ГР 3	Пол по грунту	Нормальный	0,400	8,600		8,835	0,113	311	94,81
ПОЛ ГР 4	Пол по грунту	Нормальный	0,400	14,200		14,435	0,069	677	362,18
ПОТ	Отдача тепла от перекрытия вверх	Нормальный	0,440	0,115	0,115	3,740	0,267		
СТ ГР 1 35	Наружная стена, примыкающая к г	Нормальный	0,350	2,100		2,306	0,434	917	71,20
СТ ГР 1 80	Наружная стена, примыкающая к г	Нормальный	0,800	2,100		2,571	0,389	1635	131,74
СТ ГР 2 35	Наружная стена, примыкающая к г	Нормальный	0,350	4,300		4,506	0,222	375	56,96
СТ ГР 2 80	Наружная стена, примыкающая к г	Нормальный	0,800	4,300		4,771	0,210	506	79,76
СТ ГР 3 35	Наружная стена, примыкающая к г	Нормальный	0,350	4,300		4,506	0,222		
СТ ГР 3 80	Наружная стена, примыкающая к г	Нормальный	0,800	8,600		9,071	0,110	301	92,80
СТ. БЕТ	Стена наружная	Нормальный	0,451	0,115	0,040	3,904	0,256	898	92,83
СТ. КИРП	Стена наружная	Нормальный	0,401	0,115	0,040	4,283	0,233	48192	4433,29

Рисунок 2.11 – Интерфейс програми Audytur OZC 5.1 , вкладка «Відомості огорожень».

де d - товщина огороження, м;

R_i – опір теплообміну на внутрішній поверхні огороження, м²·К/Вт;

R_e – опір теплообміну на зовнішній поверхні огороження, м²·К/Вт;

R – сума опорів теплообміну і термічних опорів через огороження, м²·К/Вт;

U – розрахунковий коефіцієнт теплопередачі огороження, Вт· м²/ К;

Φ_т - втрати теплової потужності, в результаті теплопередачі, Вт;

A – загальна площа огороження у всій будівлі. Вона містить суму поверхонь даного типу огороження, заданого для чергових приміщень, м².

Складемо таблицю (табл.2.7) результатів по тепловтратах через огорожувальні конструкції .

Таблиця 2.7 – Тепловтрати по типу огородження

Тип огородження	Φ_T , Вт
Вікна	122530
Двері	11483
Стіни	61275
Віддача тепла від перекриття	2374
Покрівля	7007
Всього	204669

Для більш наглядної картини побудуємо кугову діаграму за допомогою програми MS Excel (рис.2.12).

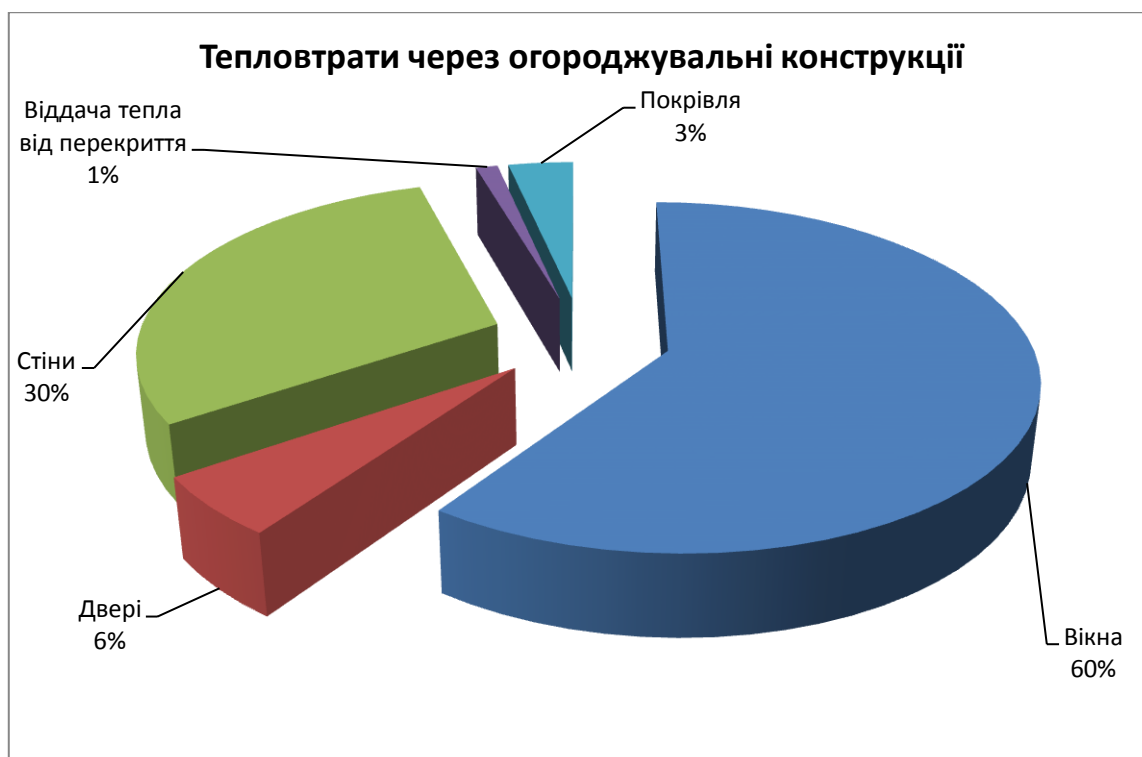


Рисунок 2.12 – Кругова діаграма тепловтрат через огорожувальні конструкції.

Висновки до розділу 2

1. Об'єктом дослідження є будівля офісного центру, що знаходиться за адресою місто Київ, вулиця Велика Васильківська 98. Будівля має 14 поверхів офісного типу, технічний поверх та два рівні пізнього паркінгу. Теплопостачання комплексу здійснюється від дахової котельні, що розташовується на покрівлі. Розрахунковий температурний графік роботи котельні 90-70°C. Для теплопостачання комплексу передбачено два приміщення теплового пункту. Таке рішення забезпечує розділення гідравлічних систем на дві зони по статичному тиску. В кожному тепловому пункті розташовуватися насосні групи, вискоелективні теплообмінники та інше обладнання. Для кожної групи споживачів передбачаються вузли обліку теплової енергії.

Вентиляція офісних та громадських приміщень передбачена центральна механічна припливно-витяжна з подачею санітарної норми кількості повітря на людину. Вентиляційні установки розміщуються в поповерхових венткамерах, з встановленням одного вентиляційного агрегату на кожному поверсі. Установки передбачені з рекуперацією тепла, підігрівом та передохолодженням повітря. Забір та викид повітря організовано з фасаду споруд.

2. Оцінка рівня енергоефективності була проведена відповідно до вимог Eurovent. З європейськими нормами порівнювались такі параметри як коефіцієнт корисної дії вентиляційної установки, швидкість повітря на теплообмінниках та втрата тиску в установці. Провівши порівняння, отримали, що все вентиляційне устаткування, яке встановлене в даному офісному центрі, має клас енергоефективності E, що засвідчує не енергоефективність приточно витяжних установок.

3. Тепловими притоками називається та кількість тепла, яка знаходить в приміщення через огорожувальні конструкції в теплий період року. Розрахунок теплопритоків проводився в програмі «Северный ветер». В результаті отримали, що теплонадходження в офісні приміщення з 2 по 14 поверх включно, становлять 511986 Вт.

4. Тепловтрати - це тепло, яке безцільно йде за межі будівлі. Сумарні тепловтрати складаються з основних і додаткових. Основні теплові втрати визначають шляхом підсумовування витоків теплоти через огорожувальні конструкції приміщення. Додаткові ж залежать від орієнтації огорожувальних конструкцій по сторонах світу, а також від розташування цеху на відкритій місцевості, швидкості вітру в даному географічному районі. Також при розрахунку тепловтрат варто пам'ятати про інфільтрацію. Інфільтрація - це не що інше, як проникнення повітря з вулиці в приміщення крізь огорожувальні конструкції. Зрозуміло, що таке можливо, якщо ці конструкції мають щілини і інші нещільності. Зазвичай повітря проникає крізь нещільні вікна та двері. Інфільтрація має і позитивну сторону і негативну. З одного боку, завдяки їй в будинок поступає свіже повітря. З іншого - збільшується навантаження на систему опалення взимку і на систему охолодження влітку. Всі розрахунки проводились в комп'ютерній програмі Audytor OZC 5.1. В результаті отримали, що тепловтрати чрез вікна становлять 122530 Вт, двері- 11483 Вт, стіни 61275Вт, перекриття – 2374 Вт, покрівля – 7007 Вт. Всього, через огорожувальні конструкції, будівля втрачає 204669 Вт тепла.

РОЗДІЛ 3 ВИКОРИСТАННЯ КОНТРОЛЮ ПОДАЧІ ПОВІТРЯ СИСТЕМИ ПРИМУСОВОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОФІСНОГО ЦЕНТРУ

3.1 Підбір та розрахунок системи вентиляції зі змінною подачею повітря для існуючої будівлі.

Вибір оптимальної системи кондиціонування повітря для загальних будівель здаються важкою та неоднозначною задачею. Це пояснюється тим великим вибором схем вирішення та важкістю оцінки їх з фінансової сторони.

Система VAV являється багатозональною системою кількісно якісного регулювання. При максимальному споживанні в холоді кожна зона обслуговування приміщення отримує від такого центрального кондиціонера розрахункову кількість повітря з постійною температурою порядкою 9-12. Зональний довідник контролює цю витрату. По мірі зниження споживання холоду в даній зоні зменшується кількість подавального холодного повітря, поки ця величина не знизиться до санітарної норми. [41]

Розглянемо типовий поверх (Рис. 3.1) для прорахунку використання вентиляційної системи зі змінною подачею повітря. Площа поверху становить 531 м². В даному офісі працює 89 людей.

Оскільки даний офіс типу «open space» то належать враховувати, що зовнішні стіни зорієнтовані по різних сторонах світла.

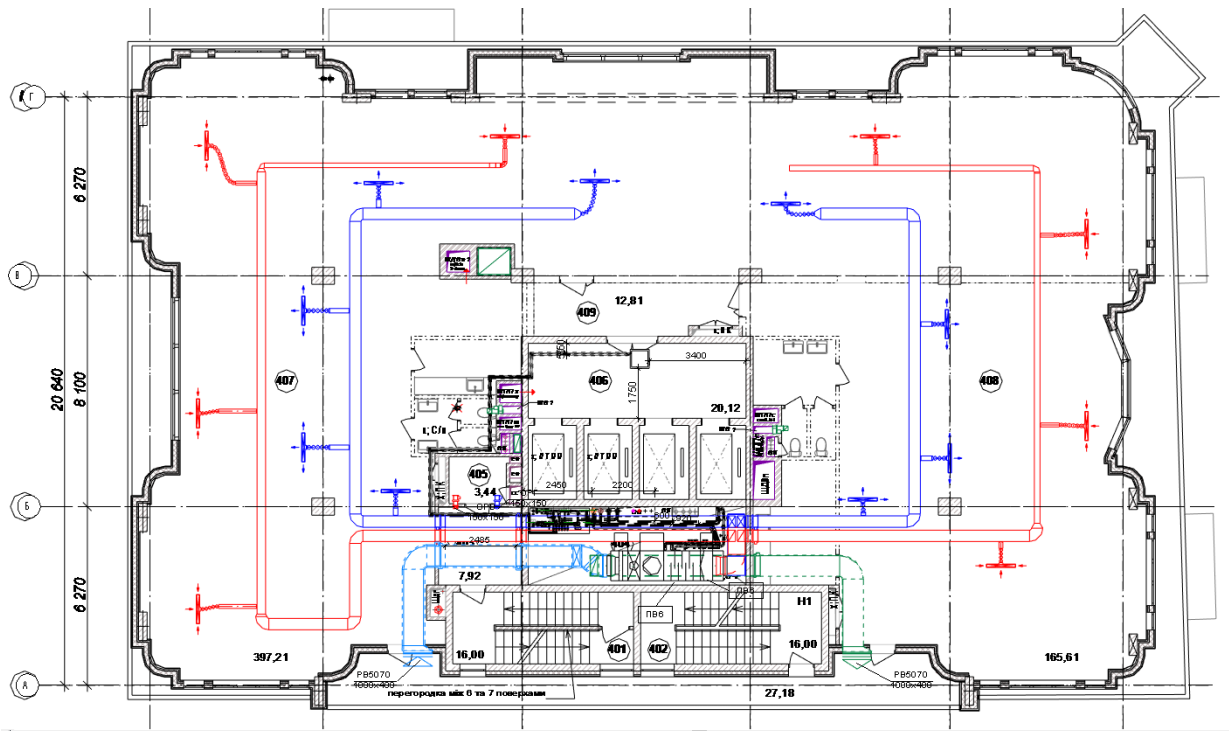


Рис. 3.1 – План типового поверху.

Обсяг припливного повітря, що подається в ці приміщення, залежить від величини теплового навантаження. При цьому для кожної зони слід враховувати тепло, яке надходить від людей, які знаходяться в приміщеннях, електричного і офісного устаткування, а також інфільтрацію через зовнішні стіни Крім того, при розрахунках загального теплового навантаження приймається поділ на навантаження від сонячного випромінювання і на теплове навантаження від освітлення, використовуваного в різний час доби. Для прикладу, в літній період теплове навантаження окремих приміщень включає постійне теплове випромінювання від людей і електрообладнання, питома споживана потужність якого оцінюється величиною 25-35 Вт/м². [28]

У відповідності до кількості людей, що знаходиться в кожній зоні, туди повинна подаватись різна кількість свіжого повітря, так званий санітарний мінімум. Згідно з ДБН ця кількість повітря не повинна бути меншою ніж 30 м³/год. [28] Виходячи з цього мінімально допустима витрата повітря через регулятор VAV в окремих зонах складає :

$$V_{min} = n \times V_r, \quad (3.1)$$

де n – кількість осіб, які перебувають в обслуговуваній зоні,

V_r – кількість свіжого повітря на одну людину згідно з санітарними нормами.[28]

Приймаючи для нашої будівлі, що в кожному офісному приміщенні типу «open space» знаходиться n людей :

$$n = \frac{S}{6}; \quad (3.2)$$

6 м^2 - нормативна робоча площа на одну людину:

$$n = \frac{510}{6} = 85 \text{ осіб.}$$

Виходячи з кількості свіжого повітря $30 \text{ м}^3/\text{год}$ на одну особу отримаємо (за формулою 3.1):

$$V_{min} = 85 \cdot 30 = 2550 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Отже, $2550 \text{ м}^3/\text{год}$ - мінімальна необхідна кількість свіжого повітря на один типовий поверх.

Розрахуємо мінімальну необхідну кількість повітря для кожного поверху. Результата розрахунку занесемо в табл. 3.1.

За необхідною кількістю свіжого повітря, помітно, що існуючі приточно – витяжні установки повністю задовольняють всі потреби офісу.

В неробочий час вентиляція працює також і на провітрювання, подаючи мінімальну кількість повітря. Регулювання потоку повітря проводиться за допомогою зональних терміналів VAV які управляються за допомогою сигналів від кімнатних температурних регуляторів, при цьому в кожному приміщенні типу «open space», орієнтованих по різних сторонах світла встановлено по одному регулятору. Така конфігурація дозволяє оптимізувати роботу вентиляційної системи в цілому при одночасному забезпеченні комфортного мікроклімату в кожному приміщенні.[42]

Таблиця 3.1- Результати розрахунку мінімально необхідної кількості свіжого повітря в приміщенні.

Назва приміщення	Площа	Н, м	Об'єм	Чол. Притік	
				Чол.	Притік
-2 поверх					
Паркінг	480	3,2	1536,0	15	1800
-1 поверх					
Паркінг	426	3,2	1363,2	8	1000
1 поверх					
Вестибюль	109	3,2	348,8		700
Комерційне приміщення	74	3,2	236,8	13	550
Зал ресторану	147	3,2	470,4		1420
Кухня	98,6	3,2	315,5		9800
2 поверх					
Офіси	590	3,2	1888,0	99	4000
3 поверх					
Офіси	590	3,2	1888,0	99	4000
4 поверх					
Офіси	531	3,2	1699,2	89	3600
5 поверх					
Офіси	531	3,2	1699,2	89	3600
6 поверх					
Офіси	531	3,2	1699,2	89	3600
7 поверх					
Офіси	531	3,2	1699,2	89	3600
8 поверх					
Офіси	529	3,2	1692,8	89	3600
9 поверх					
Офіси	529	3,2	1692,8	89	3600
10 поверх					
Офіси	529	3,2	1692,8	89	3600
11 поверх					
Офіси	450	3,2	1440,0	75	3050
12 поверх					
Офиси	450	3,2	1440,0	75	3050
13 поверх					
Офіси	266	3,2	851,2	45	1850
14 э поверх					
Офіси	282	3,2	902,4	47	1900
15 поверх					
Станція холодопостачання	130	2,5	325,0		980

У зимовий період процес регулювання температури повітря здійснюється дещо іншим принципом - у міру зниження тепло надходжень зменшується обсяг припливного повітря, що подається в приміщення, аж до заданого мінімального значення. Важливим фактором є також метод регулювання оборотів витяжного вентилятора.[42] Найбільш ефективним рішенням в даному випадку є управління по датчику тиску в обслуговуваному приміщенні в залежності від атмосферного тиску [13] (Рис. 3.2).

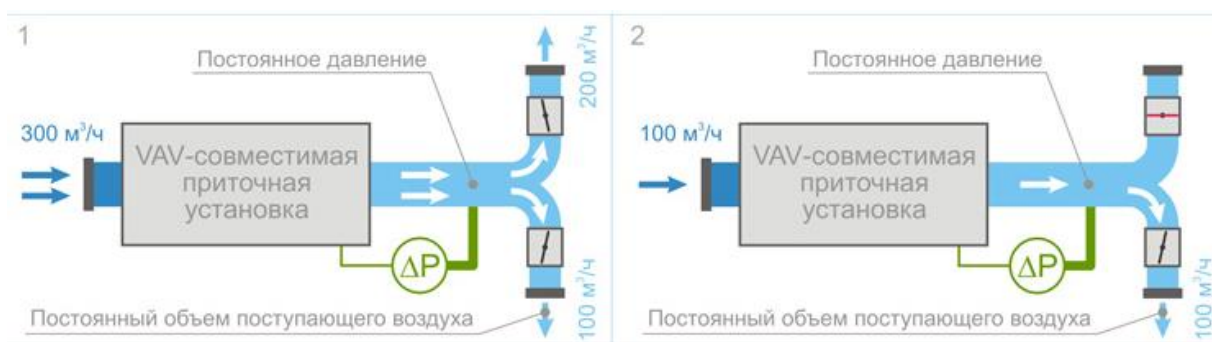


Рис. 3.2 – Принцип роботи системи зі змінною подчею повітря, що встановлюємо

Для даного об'єкту пропонується встановити та змонтувати під всю BMS – систему будівлі VAV-контролери торгової марки Lindab[38].

Традиційно інженерне обладнання будівлі організовується у вигляді сукупності систем, кожна з яких вимагає індивідуального обслуговування і не пов'язана з іншими. Однак сьогодні в будівлях з особливо складною структурою число інженерних систем може обчислюватися десятками. Ефективно управляти ними, використовуючи застарілі механічні методи, стало практично неможливо. Так з'явилася АСУЗ - автоматизована система управління будівлею, більш відома під скороченням BMS - від Building Management System.[40]

BMS умовно розділяється на два типи: призначена для управління приватними будинками / квартирами (Home Automation - розглянута в розділі Рішення для дому) і призначена для управління адміністративними будівлями (Building Automation) - житловими комплексами, готелями, бізнес-центрами, торговельними

центрами, лікарнями та т.п. У даній статті буде розглянута саме Building Automation.[40]

Мозком BMS є центральний комп'ютер, який має комплекс відповідного програмного забезпечення. Центральний комп'ютер об'єднує в єдину мережу локальні контролери. Останні, в свою чергу, служать приймачем для всіляких датчиків і керуючим елементом для інженерного устаткування. Отримуючи певний сигнал від датчика, контролер або посилає необхідну обставинами команду виконавчому пристрою, або відсилає сигнал диспетчеру, на центральний комп'ютер.[39]

3.2 Порівняльний аналіз систем вентиляції зі змінною та постійною повітря

Системи зі змінною витратою повітря почали впроваджувати відносно недавно. Їх розвиток пов'язаний зі все зростаючими вимогами до комфортності мікроклімату та появою новітніх технічних пристроїв для точної регуляції витрати повітря в системах центрального кондиціонування. Дані системи дозволяють гнучко розподіляти потоки повітря в приміщення, де на це є потреба і зменшувати витрату повітря в «незавантажених» приміщеннях. Використання поточкорозподілу дозволяє зменшувати капітальні витрати на влаштування систем кондиціонування і вентиляції та зменшувати експлуатаційні витрати у порівнянні з системими мультizonального кондиціонування та системами чіллер-фанкоїл.[29]

Сучасні громадські будівлі офісного типу потребують оснащення високоефективними системами кондиціонування для створення оптимальних мікрокліматичних умов згідно із нормативними документами. Завантаженість приміщень є змінною протягом дня і тижня та залежить від кількості працюючих, орієнтації приміщення відповідно до сторін горизонту, роботи офісного обладнання та інших факторів. За використання традиційних систем мультizonального кондиціонування, окрім системи вентиляції, виникає потреба у встановленні

локальних пристроїв для охолодження: фанкойлів, внутрішніх блоків кондиціонерів, холодних балок та інших. Все це в комплексі призводить до значного зростання вартості системи кліматизації, тому що монтуються не одна, а дві системи: вентиляції і кондиціювання. Використання центрального кондиціювання суміщеного з вентиляцією зазвичай призводить до перевитрат енергії, оскільки дані системи розраховують на максимальні теплонадходження у приміщеннях і при центральній підготовці повітря локально врахувати особливості експлуатації кожного приміщення немає змоги. Таким чином відбуваються перевитрати енергії, і система не має достатньої гнучкості у керуванні при великій кількості приміщень, що обслуговуються. Поява на кліматичному ринку регуляторів витрати повітря, які керуються центральним контролером і можуть змінювати витрату повітря у повітроводі, це у значних межах дозволило перейти до проектування та впровадження систем зі змінною витратою повітря (VAV).[37]

Зона 1 - температура зовнішнього повітря вище розрахункових параметрів теплового періоду. Тривалість стояння параметрів зовнішнього клімату для Києва в межах зони 1 (температура зовнішнього повітря вище $+28^{\circ}\text{C}$) становить 199 годин. Витрати холоду для обох систем однакові і складають в нашому прикладі 186010 кВт.год (табл. 2)

Зона 2 - тривалість стояння параметрів в межах зони 2 становить 1335 годин, годинне споживання холоду буде менше, ніж в зоні 1, так як температура зовнішнього повітря нижче. Витрата холоду для обох систем однакові 1190806 кВт.год (табл. 2).

Зона 3 - Тривалість стояння температур в цій зоні становить 765 годин. Процеси обробки повітря для розглянутих систем відрізняються:

а) система зі змінною подачею повітря: оскільки температура зовнішнього повітря нижче температури приміщення, система переключається з режиму подачі мінімальної кількості зовнішнього повітря на режим 100% -ної подачі зовнішнього повітря, при цьому значна частина тепло надлишків приміщення поглинається цим повітрям.

б) система з постійною подачею повітря: кількість припливного повітря залишається весь час на рівні санітарної норми, тобто мінімальним, тому кількість холоду, внесеного цим повітрям, істотно нижче, ніж в центральному кондиціонері. Відповідно, істотно зростають витрати холоду (табл.).

Отже, витрати холоду в 3 зоні для VAV системи становлять 361235 кВт.год, а для VWV системи - 638888 кВт.год.

Зона 4 - Тривалість стояння температур в цій зоні 1810 год. Витрати холоду в системі VAV відсутні, а для VWV системи становлять 614777 кВт.год.

Зона 5 - Тривалість стояння температур для цієї зони 195 годин. Витрати холоду в цій зоні не існують (табл. 2).

Зона 1:

$$Q_{VAV1(VWV1)} = (Q_{HB1} + Q_{x1}) \cdot \frac{t_1}{1000}; \quad (3.3)$$

де t_1 –тривалість стану параметрів зовнішнього клімату, год;

Q_{x1} – потреба холоду для покриття всіх теплопритоків, 570440 Вт [28];

Q_{HB1} - кількість холоду, необхідна для охолодження зовнішнього повітря, що поступає в приміщення для компенсації повітря, що видаляється витяжними системами, 362946 Вт.

Отримаємо (за формулою 3.3):

$$Q_{VAV1(VWV1)} = (362946 + 570440) \cdot \frac{199}{1000} = 186010 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Зона 2:

$$Q_{VAV2(VWV2)} = (Q_{HB2} + Q_{x2}) \cdot \frac{t_2}{1000}; \quad (3.4)$$

де t_2 –тривалість стану параметрів зовнішнього клімату, год;

Q_{x2} – потреба холоду для покриття всіх теплопритоків, 528839 Вт;

Q_{HB2} - кількість холоду, необхідна для охолодження зовнішнього повітря, що поступає в приміщення для компенсації повітря, що видаляється витяжними системами, 362946 Вт.

Отримаємо (за формулою 3.4):

$$Q_{VAV2(VWV2)} = (362946 + 528839) \cdot \frac{1335}{1000} = 1190806 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Зона 3:

$$Q_{VAV3} = Q_{x3} \cdot \frac{t_3}{1000}; \quad (3.5)$$

де t_3 –тривалість стану параметрів зовнінього клімату, год;

Q_{x3} – потреба холоду для покриття всіх теплопритоків, 472202 Вт;

Отримаємо (за формулою 3.5):

$$Q_{VAV3} = 472202 \cdot \frac{765}{1000} = 361235 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

$$Q_{VWV3} = (Q_{HB3} + Q_{x3}) \cdot \frac{t_3}{1000}; \quad (3.6)$$

де t_3 –тривалість стану параметрів зовнінього клімату, год;

Q_{x3} – потреба холоду для покриття всіх теплопритоків, 472202 Вт;

Q_{HB3} - кількість холоду, необхідна для охолодження зовнішнього повітря, що поступає в приміщення для компенсації повітря, що видаляється витяжними системами, 362946 Вт.

Отримаємо (за формулою 3.6):

$$Q_{VAV1(VWV1)} = (362946 + 472202) \cdot \frac{765}{1000} = 6388888 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Зона 4:

$$Q_{VWV4} = Q_{x4} \cdot \frac{t_4}{1000}; \quad (3.7)$$

де t_4 –тривалість стану параметрів зовнінього клімату, год;

Q_{x4} – потреба холоду для покриття всіх теплопритоків, 339602 Вт;

Отримаємо (за формулою 3.7):

$$Q_{VWV4} = 339602 \cdot \frac{1810}{1000} = 614777 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Всього за рік:

Для системи з постійною подачею повітря

$$\Sigma Q_{VWV} = Q_{VWV1} + Q_{VWV2} + Q_{VWV3} + Q_{VWV4}; \quad (3.8)$$

Підставивши значення отримаємо (за формулою 3.8):

$$\Sigma Q_{VWV} = 186010 + 1190806 + 638888 + 614777 = 2630481 \text{ кВт} \cdot \text{год} ;$$

Для системи зі змінною подачею повітря

$$\Sigma Q_{VAV} = Q_{VAV1} + Q_{VAV2} + Q_{VAV3}; \quad (39)$$

Підставивши значення отримаємо (за формулою 3.9):

$$\Sigma Q_{VAV} = 186010 + 1190806 + 361235 = 1738051 \text{ кВт} \cdot \text{год} .$$

Порівняльний аналіз використання двох систем зі змінною (VAV)[9] та постійною (CAV) витратою повітря зведемо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Потреби в кількості холоду для двох систем

Зона зовнішнього клімату	Температурні границі зони	Тривалість стану параметрів зовнішнього клімату, год	VAV система кВт*год	CAV система кВт*год
Теплий період року				
Зона 1	вище +28 °C	199	186010	186010
Зона 2	+28...+25 °C	1335	1190806	1190806
Зона 3	+25...+15 °C	765	361235	638888
Зона 4	+15...-15 °C	1810	0	614777
Зона 5	-15...-30 °C	41	0	0
Всього за рік		3 600	1738051	2630481

Як видно з таблиці 3.2, система VAV на 34% потребує менше холоду ніж система з постійною витратою повітря, тобто експлуатаційні затрати будуть значно меншими. Експлуатаційні витрати теплової та електричної енергії зведені в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Експлуатаційні витрати енергетичних ресурсів

Теплова енергія для VAV	200485	[кВт]
Тепло енергія для CAV	1555791	[кВт]
Електрична енергія для VAV	579350	[кВт·год]
Електрична енергія для CAV	876827	[кВт·год]

3.3 Економічний розрахунок системи примусової вентиляції зі змінною витратою повітря

За рахунок того, що система вентиляції зі змінною і з постійною витратою повітря мають різні компоненти в собі, то капітальні затрати на дані системи також будуть відрізнятись. Капітальні затрати умовно можна подіти на такі групи як холодильне обладнання, вентиляційне обладнання, матеріали, монтажні роботи, витратні матеріали. Всі капітальні затрати по двох системах зведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Капітальні затрати на систему вентиляції зі змінною та з постійною витратою повітря.

	VAV	CAV	Грошова одиниця
Холодильне обладнання	953160	857844	грн
Вентиляційне обладнання	1730180	725220	грн
Матеріали	1341670	791532	грн
Монтажні роботи	670835	395766	грн
Витратні матеріали	173018	72522	грн
Транспортні витрати	167921	97885	грн
Всього	5 036 784	2 940 769	грн

Якщо ж порівняти капітальні затрати (рис. 3.3), то одразу помітно, що витрати на систему зі змінною подачею повітря будуть значно більшими ніж на систему з постійною подачею повітря.

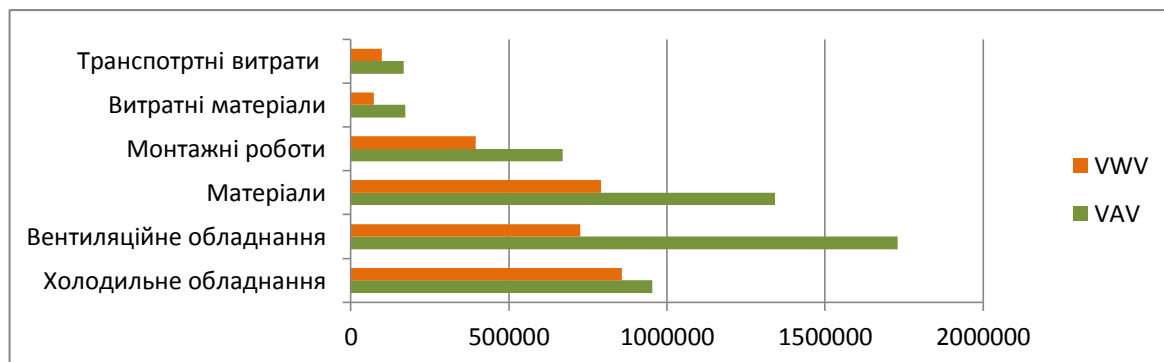


Рисунок 3.3 - Діаграма капітальних затрат на системи VAV та CAV

Отже, отримуємо, що на систему VAV капітальні затрати складають 5036784 грн, а на CAV – 2940769 грн.

Знайдемо різницю між капітальними разтратами за формулою за формулою 3.10:

$$E = E_1 - E_2, \quad (3.10)$$

Підставивши відповідні значення в формулу (2.20) отримаємо:

$$E = 5036784 - 2940769 = 2096015 \text{ грн.}$$

Отже, система вентиляції зі змінною подачею повітря на 2096015 грн коштує більше ніж система з постійною подачею повітря.

Якщо дані таблиця 3 представити у вигляді експлуатаційних затрат (формула 3,11) , то отримаємо:

$$E = b \cdot W, \quad (3.11)$$

де b - тариф на електроенергію, грн/кВт·год.

W – спожита нергія.

Враховуючи тариф на електроенергію 1,14 грн/кВт·год та тариф на теплову енергію 960,73 грн/Гкал можна скласти порівняльну таблицю 3.5. витрат для двох систем.

Таблиця 3.5 – Порівняльна таблиця витрат двох систем вентиляції

	Споживання, [кВт·год]	Витрати, грн
Теплова енергія для VAV	200485	165646
Теплова енергія для CAV	1555791	1285437
Електрична енергія для VAV	579350	664689
Електрична енергія для CAV	876827	1005984

Розрахуємо чисту приведену вартість при ставці дисконту 18% за допомогою комп'ютерної програми MS Excel та результати зведемо у таблицю 3.6.

Таблиця 3.6- Розрахунок чистої приведеної вартості при ставці дисконту 18%

Дані	Опис	
0,18	Річна дисконтна ставка	
-2096015	Початкова вартість інвестиції за один рік, починаючи від сьогодні	
1401778	Прибуток за 1 рік	
1401778	Прибуток за 2 рік	
1401778	Прибуток за 3 рік	
1401778	Прибуток за 4 рік	
1401778	Прибуток за 5 рік	
1401778	Прибуток за 6 рік	
1401778	Прибуток за 7 рік	
1401778	Прибуток за 8 рік	
1401778	Прибуток за 9 рік	
1401778	Прибуток за 10 рік	
1401778	Прибуток за 11 рік	
1401778	Прибуток за 12 рік	
1401778	Прибуток за 13 рік	
1401778	Прибуток за 14 рік	
1401778	Прибуток за 15 рік	
Формула	Опис	Результат
ЧПС(A29;A30;A31:A45)	Чиста зведена вартість цієї інвестиції	4 272 242,72 €

$$NPV = 4272242.72 \text{ грн}$$

Визначення простого терміну окупності за формулою 3,12:

$$T_{\text{ок}}^{\text{пр}} = \frac{B}{E} \quad (3,12)$$

де B – витрати, грн.;

E – економія, грн.

Отже, отримаємо за формулою 3,12:

$$T_{\text{ок}}^{\text{пр}} = \frac{2096015}{1401778} = 1 \text{ рік та 6 місяців.}$$

За формулою 3,12 ,розрахувавши термін окупності отримаємо, що через 1 рік та 6 місяців експлуатаційні затрати на систему зі змінною подачею повітря окуплять капітальні затрати і система почне приносити економію. При значних теплових надлишках в будівлі система центрального кондиціонування VAV істотно ефективніше системи CAV, так як дозволяє забезпечити економію холоду протягом року і тепла в холодний період року, Крім того, істотною перевагою першої системи є той факт, що холодильна установка використовується тільки в теплий період року при температурі зовнішнього повітря вище + 15 ° С.

Розрахуємо внутрішню норму рентабельності за формулою 3,13:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1 \cdot (i_2 - i_1)}{NPV_1 - NPV_2} \quad (3,13)$$

Розрахунок проведено за допомогою комп'ютерної програми MS Excel, використовуючи команду «ВСД», та зведемо результати в таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 – Розрахунок норми рентабельності при ставці дисконту 18%

Дані	Опис
-2036015	Початкова вартість компанії
1401778	Прибуток за 1 рік
1401778	Прибуток за 2 рік
1401778	Прибуток за 3 рік
1401778	Прибуток за 4 рік
1401778	Прибуток за 5 рік
1401778	Прибуток за 6 рік
1401778	Прибуток за 7 рік
1401778	Прибуток за 8 рік
1401778	Прибуток за 9 рік
1401778	Прибуток за 10 рік
1401778	Прибуток за 11 рік
1401778	Прибуток за 12 рік

Продовження таблиці 3.7		
1401778	Прибуток за 13 рік	
1401778	Прибуток за 14 рік	
1401778	Прибуток за 15 рік	
Формула	Опис	Результат
ВСД(A54:A58)	Внутрішня норма прибутковості інвестиції через 5 років	63%
ВСД(A54:A69)	Внутрішня норма прибутковості через 15 років	69%

Отже внутрішня норма рентабельності буде дорівнювати:

$$IRR = 63\%$$

Проаналізувавши дані, видно що впровадження подібного методу енергозбереження позитивно вплине на фінансові видатки підприємства на енергоресурси. Якщо ж впроваджувати комплекс подібних заходів, ефект буде набагато більший та значнішим. Оскільки IRR становить 63%, що є значно вище ставки дисконту, то можна з впевненістю сказати, що використання приточно-втяжної системи вентиляції зі змінною подачу повітря є доцільним на данному об'єкті та буде приносити корить та значний прибуток.

Висновки до розділу 3

1. Система вентиляції зі змінною подачею повітря для існуючого офісного центру буде відрізнятись лише наявністю регуляторів витрати повітря, які будуть розташовуватись на кінцях гілки повітропроводів. Також в системі VAV буде більш вдосконалена система автоматизації будівлі.
2. Порівнюючи дві системи вентиляції з постійною та зі змінню витратою повітря, можна з легкістю сказати, що витрати на систему VAV будуть значно меншими. Потреби в холоді для офісного центру також різні: $Q_{xVAV} = 1738051$ кВт, $Q_{xCav} = 26300481$ кВт. система VAV на 34% потребує менше холоду ніж

система з постійною витратою повітря, тобто експлуатаційні затрати будуть значно меншими. Також для системи VAV є значно меншим електро- та теплоспоживання.

3. На систему VAV капітальні затрати складають 5036784 грн, а на CAV – 2940769 грн. Отже, система вентиляції зі змінною витратою повітря на 2096015 грн коштує більше ніж з постійною. Розрахувавши економічні показники отримали, що простий термін окупності вентиляційної системи VAV становить 1 рік та 6 місяців, чиста приведена вартість при ставці дисконту рівна 4272243 грн через 15 років експлуатації, а внутрішня норма рентабельності через 15 років становитиме 69%.

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1 Етапи розроблення стартап-проекту

Стартап (start-up - стартувати, запускати) - загальне поняття, що об'єднує організації та проекти на початковій стадії розвитку. Чіткого часового проміжку, протягом якого фірму можна назвати стартапом, немає. Рамки варіюються від кількох тижнів до кількох місяців. Надалі, незалежно від долі проекту, він перестає бути стартапом. В одних випадках він отримує інвестиційну підтримку і продовжує активно розвиватися. А в інших, якщо напрямок безперспективне і незатребувана, просто закривається. Щорічно створюється величезна кількість бізнес-проектів. Але дкже мала частина переживає початковий етап і продовжує успішно розвиватися надалі. Якщо вірити статистиці, близько 70% молодих компаній припиняють діяльність вже в перший рік існування. Щоб отримати визнання у цільової аудиторії, важливо створити те, що буде затребуване у більшій частини населення.[48]

Стартап-проект розробляється на протязі чотирьох етапів. Етапи розроблення стартап-проекту наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Етапи розроблення стартап-проекту

<i>Маркетинговий аналіз стартап- проекту</i>	<ul style="list-style-type: none"> • опис ідеї проекту та визначення загальних напрямів використання потенційного товару чи послуги; • аналіз ринкових можливості щодо реалізації; • розробка стратегії ринкового впровадження потенційного товару в межах проекту на базі аналізу ринкового середовища.
---	---

Організація стартап- проекту	<ul style="list-style-type: none"> • складання календарного плану та графіку реалізації стартап-проекту; • розрахунок потреби в основних засобах та нематеріальних активах; • формулювання потреби у матеріальних ресурсах та персоналі на основі визначення планового обсягу виробництва потенційного товару; • розрахунок загальних початкових витрат на запуск проекту та планових загальногосподарських витрат, що необхідні для реалізації проекту.
Фінансово- економічний аналіз та оцінка ризиків проекту	<ul style="list-style-type: none"> • визначення обсягу інвестиційних витрат; • розрахунок основних фінансово-економічних показників проекту та визначення показників інвестиційної привабливості проекту; • визначення рівня ризикованості проекту, визначення основних ризиків проекту та шляхів їх запобігання.
Заходи з комерціалізації проекту	<ul style="list-style-type: none"> • визначення цільової групи інвесторів та опису їх ділових інтересів; • складання інвестиційної пропозиції (оферти): стислої характеристики проекту для попереднього ознайомлення інвестора із проектом; • планування заходів з просування оферти: визначення комунікаційних каналів та площадок, планування системи заходів з просування в межах обраних каналів; • планування ресурсів для реалізації заходів з просування оферти.

4.2 Опис ідеї проекту та визначення загального напрямку використання

Ідея проекту полягає у створенні компанії, діяльність якої полягає у наданні послуг проведення аналізу доцільності використання примусової системи вентиляції зі змінною подачею повітря, а також розробка проектної документації мереж вентиляції для різного типу об'єктів.

Опис ідеї стартап-проекту наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Опис ідеї стартап-проекту

Опис ідеї	Напрямки застосування	Вимоги до користувача
Аналіз стану існуючих або проектних будівель, вибір типу системи вентиляції, прогнозування енергоспоживання об'єктом.	Комерційне - надання послуг з аналізу доцільності використання примусової системи вентиляції зі змінною подачею повітря, а також розробка проектної документації мереж вентиляції для різного типу об'єктів	- Надання доступу до об'єкту; - Можливість проведення необхідного огляду вентиляційної системи та споруди вцілому.

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї в порівнянні з пропозиціями конкурентів.

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари / концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конкурент 1	Конкурент 2			
1	Комплексність	1	2	3	3	2	1
2	Оперативність	1	2	3	2	3	1
3	Сучасність	1	2	3		2, 3	1
4	Безпека та надійність	1	2	3		1, 2, 3	
5	Вартість	1	2	3		1, 3	2
6	Оптимізація витрат, знижки	1	2	3		1, 2, 3	

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційного товару є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту представлено в таблиці 4.4

Таблиця 4.4 - Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Аналіз доцільності використання примусової системи вентиляції зі змінною подачею повітря	Виконання оцінки факторів, що впливають на роботу системи вентиляції. Аналіз отриманих результатів	наявна	доступна
2	Розробка рекомендацій щодо типу системи вентиляції	Проведення теоретичних досліджень.	наявна	доступна
3	Розробка проектної документації по мережах вентиляції	Розрахунок системи вентиляції та надання замовнику робочої документації	наявна	доступна

Отже, технічна реалізація проекту можлива. Всі технології є наявними та доступними. Існує необхідність закупівлі необхідного ліцензійного програмного забезпечення, а також необхідні людські ресурси, тобто наймайні працівники, які б виконували поставлені задачі.

4.3 Аналіз ринкових можливостей реалізації стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів, що створюють конкуренти (таблиця 4.5).

Таблиця 4.5 - Попередня характеристика потенційного ринку стартап- проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	25
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	580 тис грн
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Відсутність достатньої законодавчої бази
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ ISO 50001; ДСТУ ISO 50002; ДСТУ ISO 50004;
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	30 %

Визначення групи потенційних клієнтів, їх характеристики, та орієнтовний перелік вимог до послуги наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 - Характеристика потенційних клієнтів

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до послуги
аналізу доцільності використання примусової системи вентиляції зі змінною подачею повітря, розробка проектної документації мереж вентиляції	промислові підприємства, приватні будинки, адміністративні будівлі, будівлі громадського користування	залежить від фінансових можливостей клієнта	вимоги клієнтів формуються індивідуально у технічному завданні

В таблицях 4.7, 4.8 представлено аналіз ринкового середовища.

Таблиця 4.7 - Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	недосягнення спрогнозованих результатів	наявність похибки	проведення додаткових розрахунків; можливість застосування інших типів системи вентиляції
2	конкуренція	наявність компаній-замінників	реклама; впровадження системи лояльності
3	попит	спроможність клієнта самостійно здійснювати аналіз системи	реклама

Таблиця 4.8 - Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	новизна	застосування нових, більш точних методів оцінки якості, доцільності використання типу системи вентиляції в будівлі	витрати на вдосконалення технічного забезпечення
2	комплексність	комплексний підхід до аналізу системи вентиляції	вдосконалення складової
3	вдосконалення моделей	застосування нових методів підвищення рівня енергоефективності будівлі	підвищення конкурентоспроможності

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку виконано в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

№ п/п	Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1	тип конкуренції: - чиста	Велика кількість підприємств даного профілю	Надання більш якісних послуг; залучення висококваліфікованих спеціалістів

Продовження таблиці 4.9

2	рівень конкурентної боротьби: - локальний	Діяльність компанії спрямована на місцевого споживача, конкурувати за кордоном не рентабельно	Конкуренція в галузі впливає на попит. Можливими діями компанії є підтвердження якості наданих послуг, застосування програми лояльності, реклама
3	Галузева ознака: - включає всі галузі та приватний сектор	Компанія надає послуги для підприємств всіх галузей та для приватних осіб.	Вихід компанії на новий рівень. Розширення напрямків застосування методів в інших галузях
4	Конкуренція за видами послуг: - консультативна; - продуктова.	Надання консультації підприємств з питань системи вентиляції.	Підвищення кваліфікації персоналу. Вдосконалення та впровадження нового технічного забезпечення.
5	За характером конкурентних переваг - нецінова	Послуга не має фіксованої ціни. Розрахунок вартості залежить від типу заявлених робіт та складності виконання.	На ціну впливає безліч факторів.
6	За інтенсивністю - не марочна	На деяких підприємствах вже працюють певні системи аналізу та контролю. Також наявна конкуренція на ринку.	Жорстка конкуренція

Детальний аналіз умов конкуренції в галузі виконано за моделлю М. Портера та представлено в таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 - Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Клієнти	Товари-замінники
Висновки:	Інші компанії, які надають послуги з аудиту споживання електроенергії	Вихід на ринок нових конкурентів	Впровадження на підприємстві системи оперативного контролю	Розробка та застосування вдосконаленого програмного забезпечення

На основі аналізу конкуренції, наведеного в таблиці 4.10, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 4.3), вимог споживачів до товару (табл. 4.6) та факторів маркетингового середовища (табл. 4.7 - 4.8) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності (табл. 4.11).

Таблиця 4.11 - Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Новизна	Комплексний підхід до аналізу системи вентиляції, а також надання рекомендацій щодо заходів підвищення рівня енергоефективності системи в цілому.
2	Якість	Методи, які застосовуються при виконанні аналізу є досить точними.
3	Термін виконання робіт	Досить швидко виконання аналізу.

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 4.11) проведено аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 4.12).

Таблиця 4.12 - Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін з компанією-конкурентом

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг послуг у порівнянні з іншою компанією-конкурентом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Новизна	8						V	
2	Точність та якість	8							V
3	Термін виконання робіт	11					V		
4	Ціна	10				V			
5	Інформаційне забезпечення	12							V

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл. 4.13) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (табл. 4.12).

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складено на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей всього маркетингового середовища. Існують різні ринкові загрози та можливості, які є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

Таблиця 4.13 - SWOT - аналіз стартап-проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> - новизна; - точність результатів аналізу; - контроль якості; - швидкість виконання заявлених робіт; - інформаційне забезпечення; - кваліфікація розробників моделей. 	<ul style="list-style-type: none"> - складність використання технічного забезпечення; - невелика команда розробників моделей.
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - підвищення точності; - вдосконалення моделей; - лояльність цін; - застосування нових методів. 	<ul style="list-style-type: none"> - наявність похибки; - конкуренція; - законодавчі обмеження; - патенти на продукти; - відсутність попиту.

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (табл. 4.10).

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту представлено в таблиці 4.14.

Таблиця 4.14 - Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Спільна робота з іншими підприємствами	Середня	1 рік

4.4 Розробка стратегії ринкового впровадження проекту

Пер за все розроблення ринкової стратегії є визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 4.15).

Таблиця 4.15 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти послуги	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Промислові підприємства	Висока	Високий	Висока	Середня
2	Інші підприємства	Висока	Середній	Середня	Помірна
3	Адміністративні будівлі	Висока	Високий	Висока	Висока
Обрано: адміністративні будівлі					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) обрано цільову групу, для якої пропонується надання послуг. Для роботи в обраному сегменті ринку сформовано базову стратегію розвитку (табл. 4.16).

Таблиця 4.16 - Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Стратегія спеціалізації	Концентрація на потребах одного цільового сегменту	Точність, якість, комплексність, оперативність надання послуги. Сучасне програмне забезпечення. Висококваліфікований персонал.	Концентрований маркетинг

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.17).

Таблиця 4.17 - Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики послуги конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	Компанія здійснюватиме пошук нових споживачів та створюватиме конкуренцію на ринку	Так. Здійснення оцінки та контролю споживання електроенергії.	Якість послуг, висока точність результатів.

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до стартап-компанії та до продукту (табл. 4.6), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 4.16) та стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.17) розроблено стратегію позиціонування (табл. 4.18).

Таблиця 4.18 - Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до послуги цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту
1	Досягнення очікуваного результату	Покращення та реклама	Новизна, унікальність, комплексність.	Інтелектуальний; ефективний, результативний.

Висновки до розділу 4

1. В даному розділі запропоновано стартап-проект, ідея якого полягає у створенні компанії, суть якої полягає у наданні послуг проведення аналізу доцільності використання примусової системи вентиляції зі змінною подачею повітря, а також розробка проєкційної документації мереж вентиляції для різного типу об'єктів.

2. Виконано маркетинговий аналіз стартап-проекту. Визначено загальний напрямок використання запропонованої послуги. Виконано аналіз ринкових можливостей щодо реалізації проекту. Розроблено стратегії ринкового впровадження.

ВИСНОВКИ

1. Вентиляційне устаткування на об'єкті є однією головних необхідних систем для існування будівлі з комфортними умовами. В основному вентиляція є штучною та природною. Для великих об'єктів використовуються припливно – витяжна система вентиляції з рекуперацією тепла. Одним із заходів підвищення рівня енергоефективності систем примусової вентиляції є встановлення контролю подачі повітря в приміщення. Це можна реалізувати за допомогою удосконалення існуючої системи спеціальними контролерами - VAV- терміналами, які встановлюють разом з модернізованою системою автоматики будівлі.

2. Для більш детального розрахунку взято офісну будівлю, яка розташована у місті Києві за адресою вулиця Велика Васильківська 98. Споруда має 14 поверхів, 2 рівні підземного паркінгу та технічний поверх, який розташований під покрівлею. На кожному поверсі є венткамера з припливною установкою з класом енергоефективності, відповідно до європейських стандартів Eurovent, становить E. Були прораховані тепловтрати в комп'ютерній програмі Audytor OZC 5.1. В результаті отримали, що тепловтрати через вікна становлять 122530 Вт, двері- 11483 Вт, стіни 61275Вт, перекриття – 2374 Вт, покрівля – 7007 Вт. Всього, через огорожувальні конструкції, будівля втрачає 204669 Вт тепла.

3. Порівнюючи дві системи вентиляції з постійною та зі змінною витратою повітря, можна з легкістю сказати, що витрати на систему VAV будуть значно меншими. Система VAV на 34% потребує менше холоду ніж система з постійною витратою повітря, тобто експлуатаційні затрати будуть значно меншими. Також для системи VAV є значно меншим електро- та теплоспоживання. Система вентиляції зі змінною витратою повітря на 2096015 грн коштує більше ніж з постійною. Простий термін окупності вентиляційної системи VAV становить 1 рік та 6 місяців, чиста приведена вартість при ставці дисконту 18% рівна 4272243 грн через 15 років експлуатації, а внутрішня норма рентабельності через 15 років становитиме 69%.

4. Розроблено стартап-проект, ідея якого полягає у створенні компанії, суть якої полягає у наданні послуг проведення аналізу доцільності використання примусової системи вентиляції зі змінною подачею повітря, а також розробка прокної документації мереж вентиляції для різного типу об'єктів.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії.-
Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5>.
2. Каталог продукції «Побутові вентилятори».- Режим доступу: <http://domovent.ua/catalog/pobutovi-ventilyatori/>
3. Методичні вказівки до дипломного проекту « Розрахунок загальнообмінної вентиляції» з розділу «Охорона праці» для студентів факультету ТеСЕТ денної та заочної форм навчанняю- Ст.8-16
4. Загальні вимоги до систем вентиляції. Лекція 3. ПРОМИСЛОВА ВЕНТИЛЯЦІЯ.-
Режим доступу: https://studopedia.su/10_83589_vidi-sistem-ventilyatsii.html
5. Е.В. Стефанов «Вентиляція і кондиціонування повітря», 2005 р.
6. Беляев Н. М. Основы теплопередачи.- К.: Висш. Шк., 1989.-342 ст.
7. С.М. Константінов «Теплообмін»: підручник. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка»: Інрес, 2005.- ст. 3-4, 17-21, 43-45, 186-188.
8. Robatherm the air handling company 05/2016:Certified energy efficient.
9. А. И. Мухин, канд. техн. наук, доцент, Э. Я. Кернерман, канд. техн. наук, доцент, otvet@abok.ru «Сравнение систем кондиционирования воздуха».- Режим доступу: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5362.
10. Г.С. Ратушняк, Р.В Степановський Регулювання витрати аеродинамічних потоків в системах вентиляції та аспірації.- Монографія.-Вінниця: ВНТУ, 2015.
11. Гусенцова Я. А., Андрійчук К.М., Коваленко А. О, Соколов В. І. Системи вентиляції: моделювання, оптимізація.- Луганськ: Видавництво СНУ ім. В. Даля, 2005.
12. Гусенцова Я. А., Андрійчук К.Н, Шпарбер М. Е. Систмы вентиляции (технико экономические характеристики).- Луганск: Издательсвто КНУ им. В. Даля , 2005.-32с.
13. Томаш Трусевич, Славомир Савицки, Ричард Бучек, Марта Хлудзинска, Гжегож Кубицки СИСТЕМЫ VAV. РУКОВОДСТВО. Краков 2009 г.

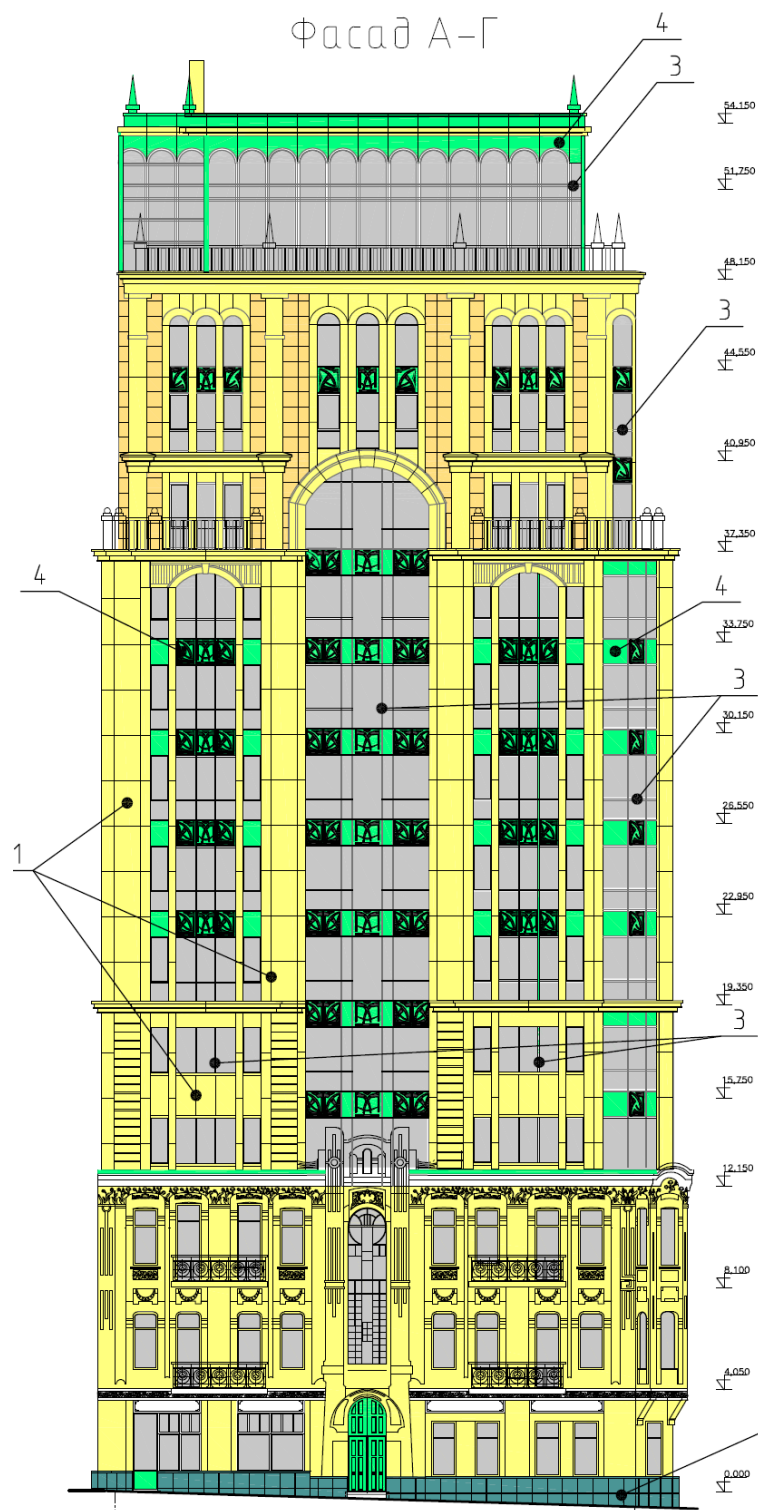
14. Ратушняк Г. С. Експлуатація систем теплопостачання та вентиляції / Г. С. Ратушняк, Г. С. Попова. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 122 с.
15. Внутренние санитарно-технические системы : СНиП 3.05.01-85. – М. : Минстрой России, 1985. – 30 с.
16. Молодой учёный Международный научный журнал Выходит еженедельно № 43 (177) / 2017 . -Заварзин Б.Б., Рюмин Р.В., Чукарев А. Г. Методика расчета тепловпотерь для помещений
17. Поддержание нормативного температурного режима в помещении за счет оптимизации тепловых потерь: методические указания / Сост. М.В. Анисимов. – Томск.: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2010. – 20 с.
18. ТАРАС КУЛІЙ Центральна (загальнообмінна) вентиляція приватних будинків.- Режим доступу <https://www.konung.biz/2017/10/29/whole-house-ventilation/>
19. Методи розрахунку систем штучної вентиляції.- Национальный университет Львовская политехника. –
Режим доступу: <https://studfiles.net/preview/5199285/page:16/>
20. Расчет систем вентиляции.- Режим доступу:
http://www.rfclimat.ru/htm/vent_ft.htm
21. Вентиляционные системы с переменным расходом воздуха (VAV-системы).- Режим доступу: http://www.rfclimat.ru/htm/vent_vav.htm
22. Что такое инфильтрация и когда её надо учитывать?.- Режим доступу:
<http://vodotopim.ru/radiatornoe-otoplenie/infiltraciya.php>
23. Малявина Е. Г. Тепловые потери здания: справочное пособие / Е. Г. Малявина. — М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. - 144 с. — 2 000 экз. - ISBN 978-5-98267-030-4
24. Облікова ставка Національного банку України.- Режим доступу:
https://bank.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=53647
25. Природна вентиляція.- Режим доступу: <https://buklib.net/books/29849/>
26. Енергоефективність.- Режим доступу:
<http://www.visnuk.com.ua/ua/pubs/id/6757?issue=159>
27. Калинушкин М. П. Вентиляторные установки. - «Высшая школа », 1962.

28. ДБН.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
29. Современная промышленная вентиляция: учеб. пособие / А.А. Боровицкий, С. В. Угорова, В. И. Тарасенко : Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2011. – 59 с
30. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: Госстрой России, 2004. – 54 с
31. Федеральный Закон РФ № 28. Об энергосбережении. – М., 1996. – 12 с
32. Богословский, В. Н. Отопление и вентиляция: учеб. для вузов. В 2 ч. Ч. 2. Вентиляция / В.Н. Богословский [и др.]. – М.: Стройиздат, 1976. – 439 с.
33. Каменев, П. Н. Вентиляция: учеб. пособие / П. Н. Каменев, Е. И. Тертичник. – М.: АСВ, 2008. – 624 с. – ISBN 978-5-93093-436-6.
34. Сотников, А. Г. Проектирование и расчет систем вентиляции и кондиционирования воздуха: в 2 т. / А.Г. Сотников. – СПб.: 2011. – Т.1 – 450 с.; Т.2 – 450 с. – ISBN 5-7120-7558-5
35. Вентиляція індивідуального житлового будинку – Дніпро: Середняк Т. К., 2018, — 156 с36.
36. Вентиляція і кондиціонування повітря. – Режим доступу: <https://buklib.net/books/35231/>
37. Вентиляція офісу - як це виглядає. – Режим досупу: <https://ventportal.com/ua/node/528>
38. VAV клапани : - Режим доступу: http://www.lindab.com/ua/pro/pages/default.aspx?redirecttoproorhome=true&i=5997#drilldown_guid:2c8a4764-e46d-41e8-8a0b-2612ab472ddd;level:all;sub:4
39. Bms - система управління зданием.-
Режим доступу: <http://www.smis-expert.com/press-relizy/bms-sistema-upravleniya-zdaniem.html#>
40. Система управління зданием- BMS.-
Режим доступу: <http://www.smartek.az/index.php?a=pages&id=374&lang=ru>
41. Variable air volume.-

Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Variable_air_volume

42. KMC Controls. "Pneumatic to Digital: Open System Conversions" (PDF). Retrieved 5 October 2015.
43. Евровент – сертификация.-Режим дступу: https://www.apic.ru/partneri_apik/evrovent_sertifikacija/
44. Eurovent Certita Certification .- Режим доступу: <http://www.eurovent-certification.com/index.php?lg=ru>
45. OZC.- Режим доступу: <http://ru.sankom.net/programs/audytor-ozc>
46. KAN OZC.- Режим доступу: http://ua.kan-therm.com/download/programy_do_projektowania/kan_ozc.html
47. Розрахунок тепло надходжень приміщення. – Режим доступу: http://www.klimatvdomi.com/condition/cond_teplopritoki_ua.html
48. Що таке стартап .-Режим доступу:<http://toftrewitred.ru/beauty/5184-shho-take-startap.html>

Додаток А



Додаток Б

Розрахункова таблиця 1 в MS Excel

[illegible]

Продовження розрахункової таблиці 1 в MS Excel

Microsoft Excel (Сбой активации продукта)

VS-K-(BiP)H-(C00)-ZZ-AT [Режим совместимости]

ФайлГлавнаяВставкаРазметка страницыФормулыДанныеРецензированиеВидНадстройкиКоманда

U414fx=СУММ(U394:U413)/1000

1	2	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1			Расход воздуха	62580 м3/ч			4	6		Δt °C	22	35	17		40	60	Канальный		Всего			1	Прямой		
2			Нагрузка на FC/сплиты	573,25 кВт			3,3	1			22	20	20		30	25,2	Кассетный		ФК			0,4	Рекупер.		
3			Охладители ПУ	362,95 кВт			3,3				22						Настенный		7 шт.						
4		#	Название, наименование помещения	Площадь	Н, м	Объем	Кол. чел.	Кратности	Воздух	Система	FC/Сплит	Qx	Qнв	Qx+Qнв	Вт/м2	Qt	Вт/м2								
5							перс	посет	Прит	Выт	Приток	Вытяжка	Приточная	Вытяжная	Вт/ч	Типоразмер	Кол-во								
78			15 этаж																			42			
79			Станция холодоснабжения	130	2,5	325,0			3,0	3,0	980	980	ПЗ	В19	+	+					5581	5581	43	4550	
80			ИТП	42	2,5	105,0				10,0	0	1050		В18	+	+					∞	∞	∞	1470	
81			Венткамера подпора	105											+	+					∞	∞	∞	3675	
82																									
177			Экспликация помещений на отм.																						
284			Экспликация помещений на отм.																						
391																									
392																									
393			Расход приточного воздуха	62580	м3/ч																				
394			Нагрузка на FC/сплиты	573241	Вт																				
395			Охладители ПУ	362946	Вт																				
396			Всего ФК (Сплитов)	7	шт.																				
397			Общая площадь	8506	м2																				
398			Номинальная мощность на м2	110	Вт/м2																				
405																									
406			Холодильная машина 1	936187	Вт																				
407			Холодильная машина 0,9	878863	Вт																				
408			Холодильная машина 0,8	821539	Вт																				
412			Отопление	280077	Вт																				
413			Вентиляция	441356	Вт																				
414			Нагрузка на котельную	721433	Вт																				
415																									
416																									
417																									
418																									
419																									
		Вытяжные установки		FC/Сплиты		Приточные установки																			
		Система		Назначение		Вытяжка		ΔP, Па		Типо-размер		Кол-во		холод: кВт		электрика, кВт		суммарно, кВт		Система		Назначение		Приток	
		В1.1		3550		2470				FC-1		-		1,26		0,058		-		П1		3000		0	
		В2		2470						FC-2		-		1,68		0,058		-		П2		10000		0	
		В3		580						FC-3		-		2,13		0,083		-		ПВ1		700		700	
		В4		500						FC-4		-		2,54		0,083		-		ПВ2		550		550	
		В5		500						FC-5		-		3,30		0,108		-		ПВ3		1700		1560	
		В6		500						FC-6		-		3,74		0,108		-		ПВ4		4200		3600	
		В7		500						FC-7		-		4,86		0,147		-		ПВ5		4200		3600	
		В8		500						FC-8		-		5,65		0,147		-		ПВ6		3800		3200	
		В9		500						FC-9		7		6,78		0,159		1,11		ПВ7		3800		3200	
		В10		500						FC-10		-		8,12		0,159		-		ПВ8		3800		3200	
		В11		500						FC-11		-		8,64		0,270		-		ПВ9		3800		3200	
		В12		500						FC-12		-		9,64		0,270		-		ПВ10		3800		3200	
		В13		500																ПВ11		3800		3200	
		В14		500																ПВ12		3800		3200	
		В15		500																ПВ13		3250		2650	
		В16		500																ПВ14		3250		2650	
		В17		100																ПВ15		2050		1450	
		В18		1050																ПВ16		2100		1500	
																				ПВ17		0		0	
																						0		0	
																						0		0	
																				Всего		61600		40660	
																						м3/ч		м3/ч	
																						кВт		кВт	

ГотовоОтчетВентиляцияHEAT-C00HEATЗапрос ПУГодовыеГорячий цехСеверФанкойлы+РешеткиЛист1NPV

85%

23:3309.12.2018

Додаток В

Нормы:		
Норма для выполнения расчета коэф. теплопередачи:	СНиП 23-02-2003	
Норма для выполнения расчета проект. тепловой нагр	СНиП 2.04.05-91*	
Климатические данные:		
Климатическая зона:	Киев (-22°С / 7,7°С /	
Проектная наружная температура θ_e :	-22	°С
Грунт:		
Основные итоги расчетов здания:		
Отапливаемая площадь здания A_H :	9000,5	м ²
Отапливаемый объем здания V_H :	31173,0	м ³
Проектные потери тепла за счет теплопередачи Φ_T :	205287	Вт
Проектные потери тепла на вентиляцию Φ_V :	44909	Вт
Проектная тепловая нагрузка здания Φ_{HL} :	286454	Вт
Показатели и коэффициенты потерь тепла:		
Показатель Φ_{HL} по отношению к поверхности $\phi_{HL,A}$:	31,8	Вт/м ²
Показатель Φ_{HL} по отношению к кубатуре $\phi_{HL,V}$:	9,2	Вт/м ³
Итоги расчетов вентиляции для нужд проектной тепловой нагрузки:		
Среднее количество воздухообменов n :	0,9	
Количество подаваемого вентиляционного воздуха V_v :	28144,2	м ³ /ч
Средняя температура подаваемого воздуха θ_v :	11,0	°С
Параметры расчетов проекта:		
Минимальная дежурная температура $\theta_{j,u}$:	16	°С
Данные по умолчанию для расчетов:		
Тип системы отопления в здании:	Конвекционное	